

072/ITS/H/90 ✓

# **TUGAS AKHIR**

## **STUDI ANGKUTAN SEDIMEN DI PARIT-RAYA TULUNGAGUNG**



PSS  
627.122  
Wib  
S.1  
1990

Disusun oleh :

Kunto Wibiscno

3793102521

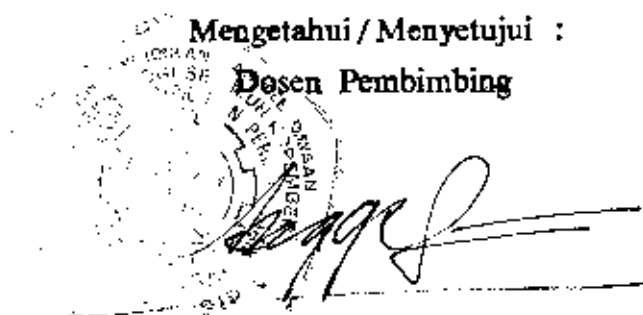
BIDANG STUDI HIDROTEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1990

# **TUGAS AKHIR**

## **STUDI ANGKUTAN SEDIMEN DI PARIT-RAYA TULUNGAGUNG**

Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing

A circular institutional stamp is partially visible behind the signature. The text within the stamp includes "INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER" and "SURABAYA". The signature is written in black ink over the stamp.

( Ir. Anggrahini, M.Sc. )

BIDANG STUDI HIDROTEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1990

## KATA PENGANTAR

Segala puji saya panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini Untuk memenuhi salah satu syarat kurikulum dengan beban kredit 6 SKS di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Beban 6 SKS, tentunya mengandung makna agar mahasiswa mencoba menerapkan ilmu pengetahuan yang telah didapatkan di bangku kuliah untuk membahas suatu permasalahan dan diharapkan dapat menentukan alternatif yang dapat digunakan dan dipertanggung jawabkan dalam penerapannya di masyarakat. Oleh karena itu Tugas Akhir ini selain dituntut analisa tentunya juga tanggung jawab.

Sebagai manusia biasa tidak akan lepas dari salah dan lupa, untuk itu saya menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna. Demi kesempurnaannya, saya mohon kritik dan saran-saran yang bersifat membangun dari pembaca.

Dengan selesainya penyusunan Tugas Akhir ini saya tak lupa menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada yang terhormat, Ibu Ir. Anggrahini M Sc, selaku Dosen Pembimbing sekaligus Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP - ITS merangkap Ketua

Bidang Studi Hidroteknik, yang telah bersusah payah membimbing, mengarahkan dan memberikan semangat serta kesempatan demi terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini.

Pada kesempatan ini, saya menyampaikan terima kasih pula, kepada yang terhormat :

1. Bapak Ir. Harwijono Dirdjosoekarta, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.
2. Bapak Pimpinan dan Staf Seksi Pengairan Brantas, Tulungagung.
3. Bapak Pimpinan dan Staf Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Kali Brantas, Malang.
4. Bapak Matali, Biro Pengetikan Ideal Surabaya.
5. Rekan saya saudara Agung Supranyoto.
6. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Demikian, semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Amien.

Surabaya, Pebruari 1990

Penyusun

Kunto Wibisono - 379 310 2521

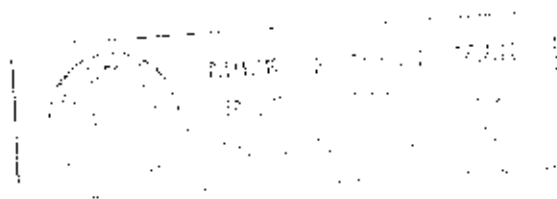


## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR. ....	1
DAFTAR ISI. ....	111
B A B - I    PENDAHULUAN. ....	I - 1
1.1. Umum. ....	I - 2
1.2. Proyek Pematusan Tulungagung. ....	I - 2
1.3. Permasalahan. ....	I - 8
1.4. Maksud dan Tujuan. ....	I - 10
1.5. Ruang Lingkup Pembahasan. ....	I - 11
B A B - II   DATA-DATA YANG DIPERLUKAN. ....	II - 1
2.1. Data Topografi. ....	II - 1
2.2. Data Hidrologi. ....	II - 2
2.3. Data Sedimen. ....	II - 21
2.4. Saluran Parit Raya. ....	II - 21
2.5. Pintu Air Bendo. ....	II - 22
2.6. Bangunan Terjun Kendal. ....	II - 23
2.7. Saluran Parit Agung. ....	II - 23
B A B - III   ANALISA HIDROLOGI. ....	III - 1
3.1. Umum. ....	III - 1
3.2. Curah Hujan Areal. ....	III - 3
3.3. Curah Hujan Harian Maksimum - Rencana. ....	III - 5
3.4. Curah Hujan Harian Efektif. ....	III - 13
3.5. Pola Distribusi Curah Hujan - Harian Efektif. ....	III - 15
3.6. Debit Banjir Rencana. ....	III - 18
3.7. Debit Harian. ....	III - 29
B A B - IV   ANALISA ANGKUTAN SEDIMEN. ....	IV - 1
4.1. Umum. ....	IV - 1
4.2. Erosi di DAS Parit Raya. ....	IV - 4
4.3. Jenis Material Sedimen pada - Alliran Sungai. ....	IV - 16

4.4. Angkutan Sedimen Pada Alur Parit Raya. ....	IV - 19
4.5. Kondisi Aliran Parit Raya. ....	IV - 32
<b>B A B - V    ANALISA PENGENDALIAN SEDIMEN. ....</b>	<b>V - 1</b>
5.1. Umum. ....	V - 1
5.2. Pengendalian Erosi di DAS Parit- Raya. ....	V - 2
5.3. Pengendalian Sedimentasi pada - Alur Parit Raya dan Parit Agung. ....	V - 4
5.4. Analisa Kapasitas Aliran Parit - Raya. ....	V - 14
<b>B A B - VI    K E S I M P U L A N. ....</b>	<b>VI - 1</b>
<b>P E N U T U P. ....</b>	<b>V</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA. ....</b>	<b>vi</b>

-----000-----



## B A B - I

## P E N D A H U L U A N

1.1. U m u m

Kali Ngrowo merupakan anak sungai kali Brantas yang berfungsi mengalirkan air hujan dari daerah Trenggalek dan daerah Tulungagung ke kali Brantas.

Aliran kali Ngrowo bermuara di kali Brantas sekitar - 7 km sebelah utara kota Tulungagung.

Daerah aliran sungai (DAS) kali Ngrowo yang merupakan bagian dari DAS kali Brantas yang terletak di sudut barat daya dari DAS kali Brantas bagian tengah mempunyai daerah tangkapan seluas  $1.600 \text{ km}^2$ .

Daerah tangkapan ini dibatasi oleh Pegunungan Wilis - di sebelah Utara dan Pegunungan Kapur di sebelah Selatan, sedang di bagian tengahnya berupa dataran rendah seluas  $260 \text{ km}^2$  dengan elevasi rata-rata + 80 m dari permukaan air laut (Gambar 1.1)

Kondisi topografi DAS kali Ngrowo yang dikelilingi oleh pegunungan itu merupakan cekungan besar - yang mengakibatkan aliran-aliran kali Ngrowo hanya dapat mengalir ke kali Brantas saja.

Sedangkan kapasitas aliran kali Brantas sendiri keadaannya semakin berkurang akibat adanya endapan pasir dari gunung Kelud, sehingga kapasitas kali Ngrowo yang dapat masuk ke kali Brantas sangat terbatas.

Akibatnya di daerah kota Tulungagung dan bagian tengah DAS kali Ngrowo pada setiap musim penghujan selalu tergenang air banjir.

#### 1.2. Proyek Pematusan Tulungagung.

Aliran air hujan dari daerah Trenggalek masuk ke kali Ngrowo melalui anak-anak sungainya, yaitu kali Ngasinan, kali Tawing, kali Karangtuwo dan kali Keboireng.

Untuk menanggulangi aliran air banjir dari daerah Trenggalek yang masuk ke kali Ngrowo, maka pada tahun 1957 dibangunlah pintu air Widoro dan saluran Munjungan yang berfungsi mengalirkan sebagian air banjir kali Ngasinan ke kali Tawing (Gambar 1.2.b).

Kemudian pada tahun 1961 dibangun pula pintu air Bendo dan saluran pematusan Parit Raya yang berfungsi mengalirkan air banjir kali Ngasinan, kali Tawing, kali Karangtuwo dan kali Keboireng ke Samudera Indonesia melalui terowongan Neyama (Terowongan Tulungagung Selatan I).

Terowongan ini dibangun pada tahun 1941 oleh Pemerintah Hindia Belanda dengan tujuan untuk mengalirkan genangan air banjir dari ujung selatan Rawa Bening menembus pegunungan Kapur ke Samudera Indonesia (Gambar 1.2.c).

Meskipun terowongan telah difungsikan sebagaimana rencana, namun pada saat musim penghujan masih selalu



terjadi genangan banjir rutin selama 200 hari per - tahun pada areal seluas 28000 ha, yang meliputi daerah kota Tulungagung seluas 25.000 ha serta daerah rawa Gesikan dan rawa Bening yang terletak di bagian tengah DAS Ngrowo seluas 3000 ha \*)

Oleh karena itu sejak tahun 1970, Pemerintah Republik Indonesia melalui Proyek Pengembangan Wilayah sungai Brantas membuat rencana Proyek Pengembangan Wilayah Sungai Kali Ngrowo yang dilaksanakan - secara menyeluruh, terpadu dan bertahap mulai tahun 1979 sampai dengan tahun 1999 (Gambar 1.3).

Tahap-tahap pelaksanaan proyek Pengembangan Wilayah sungai kali Ngrowo adalah sebagai berikut :

Tahap I : - Proyek jaringan Pematuaan Tulungagung  
1979 - 1986.

- Proyek pintu air Tulungagung 1983 - 1986

- Proyek pintu air dan terowongan Tulungagung selatan II (baru) 1985 - 1986

Tahap II : - Proyek bendungan dan irigasi Wonorejo 1983 - 1992

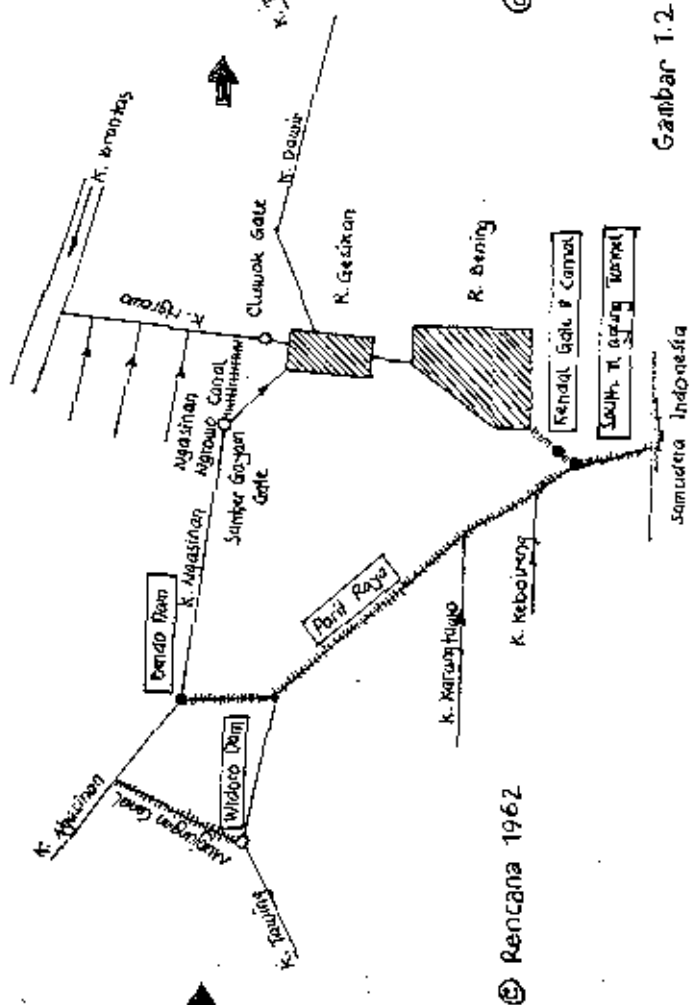
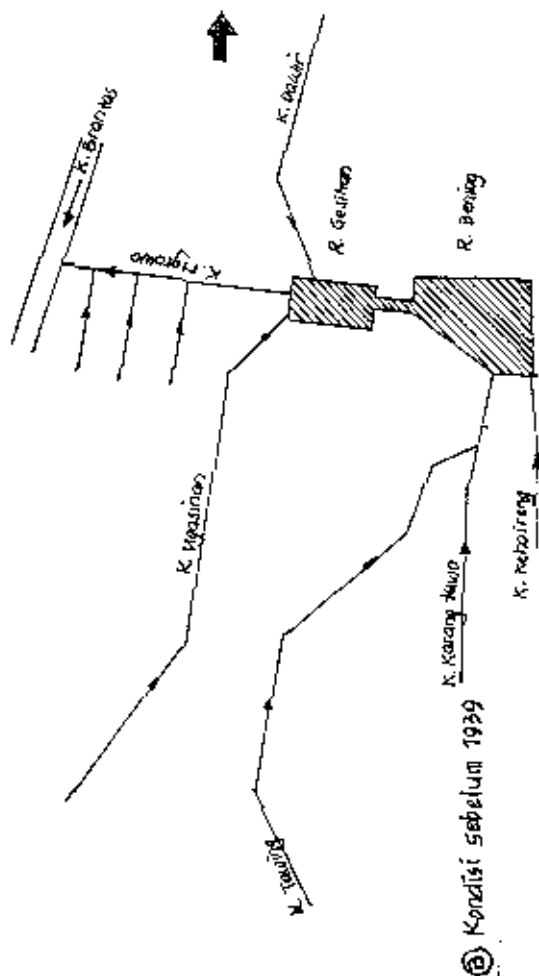
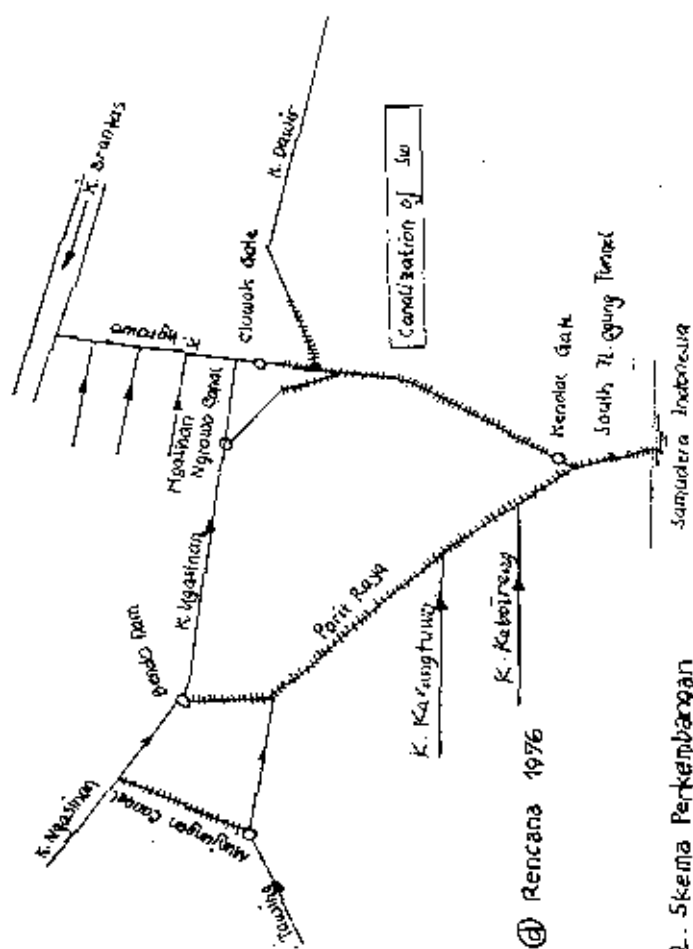
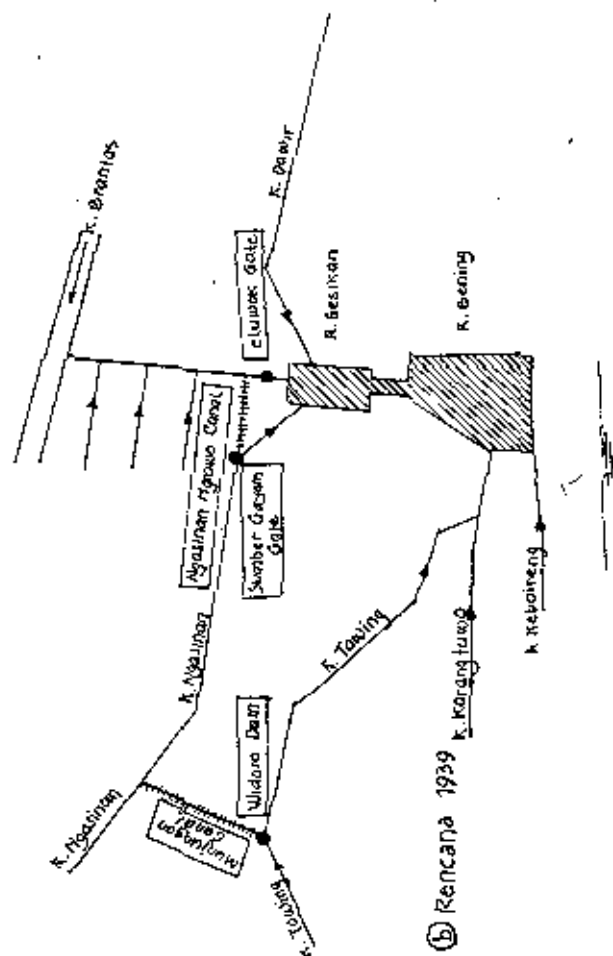
- Proyek pompa Tulungagung 1987- 1989

- Proyek PLTA Wonorejo 1984 - 1992

- Proyek PLTA Tulungagung selatan 1988 - 1993

---

\*) Sumber : Seksi Pengairan Brantas, Tulungagung.



Gambar 1.2.. Skema Perkembangan  
Perbaikan DAS K. Ngrowo



## Tahap III :

- Proyek PLTA Tugu 1992 - 1997
- Proyek irigasi Trenggalek 1992 - 1997

## Tahap IV :

- Proyek perbaikan Parit Raya 1996 - 1999

Pada tahun 1986 yang lalu, proyek pematusan Tulungagung yang merupakan tahap I dari proyek pengembangan wilayah sungai kali Ngrowo telah selesai dilaksanakan.

Proyek ini dimaksudkan untuk :

- Membebaskan daerah kota Tulungagung seluas 13.600 ha. dari genangan air banjir rutin setiap tahun.
- Mengeringkan daerah rawa Gesikan dan rawa Bening seluas 1550 ha untuk dimanfaatkan sebagai daerah pertanian baru.
- Mencegah dan mengatur pengaruh banjir ke kali Brantas

Proyek ini dalam pelaksanaannya meliputi pembuatan :

- Parit Agung sepanjang 42,2 km yang berfungsi untuk menampung sementara air banjir dan kemudian mengalirkannya ke Samudera Indonesia sebesar  $486 \text{ m}^3/\text{detik}$ .
- Terowongan Tulungagung selatan II sejajar dengan terowongan Tulungagung selatan I, yang secara bersama-sama dapat mengalirkan air banjir dari Parit Raya dan -

Parit Agung seluruhnya sebesar  $1.136 \text{ m}^3/\text{detik}$ .

- Pintu air Tulungagung di kali Ngrowo sebelah utara - kota Tulungagung untuk mengatur aliran banjir kali - Ngrowo ke kali Brantas maupun ke Parit Agung.
- Pintu air di depan 2 terowongan untuk mengatur aliran air banjir dari Parit Raya dan Parit Agung ke Terowongan Tulungagung Selatan I dan II

Sedangkan proyek perbaikan Parit Raya dimaksudkan untuk meningkatkan kapasitas aliran Parit Raya dari  $350 \text{ m}^3/\text{det}$  menjadi  $650 \text{ m}^3/\text{det}$ , sehingga bersama-sama dengan Parit Agung dapat mengalirkan air banjir ke samudera Indonesia sebesar  $1136 \text{ m}^3/\text{det}$ .

### 1.3. Permasalahan.

Meskipun proyek pengembangan wilayah sungai kali Ngrowo tahap I dan sebagian tahap II telah selesai-pelaksanaannya, tetapi akhir-akhir ini pada setiap musim penghujan masih selalu timbul genangan banjir pada daerah rawan banjir tersebut di atas.

Hal ini terjadi akibat semakin berkurangnya kapasitas-tampung pada bagian hilir Parit Agung.

Menurut hasil pemantauan, bahwa semakin berkurangnya kapasitas tampung dari Parit Agung bagian hilir ini - disebabkan oleh adanya sedimentasi pada saluran tersebut, khususnya disekitar pertemuan Parit Agung



dengan Parit Raya hingga keujung Parit Agung.

Salah satu hal yang diperkirakan menjadi penyebab terjadinya sedimentasi ini adalah besarnya angkutan material sedimen dari Parit Raya yang masuk ke Parit Agung.

Apabila ditelusuri sebagian hulu Parit Raya , maka hipotesa tersebut diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Dam Bendo membagikan aliran kali Ngasinan masing - masing kehilir kali Ngasinan yang selanjutnya masuk ke kali Ngrowo dan Parit Agung melalui dam Sumber Gayam, serta sebagian lagi ke Parit Raya.
- Semakin berkurangnya kapasitas kali Brantas untuk menampung debit aliran dari kali Ngrowo maka alternatif yang selama ini diambil pada pengoperasian pintu air di dam Bendo adalah mengurangi debit aliran kali Ngasinan yang ke hilir dan memperbesar debit aliran yang masuk ke Parit Raya.
- Berkurangnya aliran kehilir kali Ngasinan ini menyebabkan kecepatan aliran menjadi semakin kecil.

Hal ini secara kontinyu menyebabkan terjadinya sedimentasi pada alur sungai kali Ngasinan mulai dari hilir dam Bendo hingga dam Sumber Gayam.

- Sedangkan bertambah besarnya debit aliran ke Parit Raya, dengan kondisi kemiringan dasar yang jauh lebih besar maka memperbesar kecepatannya.

Besarnya kecepatan aliran ini akan menimbulkan gaya seret yang besar pula.

- Hal ini merupakan sebab yang potensial bagi terjadinya erosi pada alur Parit Raya, terutama di bagian-hulunya.

Oleh karena itu, disamping angkutan material sedimen hasil erosi di DAS Parit Raya dan Parit Agung, maka hasil erosi pada alur Parit Raya ini, diperkirakan juga menjadi salah satu sumber angkutan-material sedimen yang nantinya mengendap di Parit - Agung bagian hilir.

Akibat lebih lanjut dari permasalahan diatas adalah back water dari hilir Parit Agung merambat - ke Parit Raya, yang selain dapat menimbulkan genangan banjir di beberapa tempat di sekitarnya, juga dapat menimbulkan terjadinya sedimentasi di Parit Raya, terutama di bagian hilirnya,

#### 1.4. Maksud dan Tujuan.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka tugas akhir ini disusun dengan maksud mengadakan studi mengenai angkutan material sedimen di Parit Raya, yang diperkirakan sebagai salah satu sebab berkurangnya kapasitas tampungan di Parit Agung bagian - hilir.

Sedangkan tujuan diadakannya studi ini adalah agar hasil studi dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam rangka perbaikan Parit Raya.

#### 1.5. Ruang Lingkup Pembahasan.

Sesuai dengan maksud dan tujuan penyusunan Tugas Akhir ini maka dibatasi ruang lingkup pembahasan sebagai berikut :

- a. Pembahasan mengenai debit aliran banjir yang harus dapat dialirkan oleh Parit Raya, dengan tujuan untuk mengontrol kapasitas pengaliran banjir Parit Raya.

Debit aliran banjir diestimasikan sebagai debit banjir rencana yang dihitung berdasarkan data curah hujan harian maksimum tahunan.

Sedangkan pengontrolan kapasitas pengaliran Parit Raya dilakukan dengan jalan membandingkan kapasitas-pengaliran Parit Raya yang dihitung dengan metode Slope Area, dengan debit banjir rencana pada periode ulang tertentu.

- b. Pembahasan mengenai angkutan sediment akibat erosi permukaan di DAS Parit Raya, dimaksudkan untuk mengevaluasi kondisi erosi permukaan di DAS Parit Raya yang merupakan salah satu sumber terjadinya angkutan sedimen di Parit Raya.

Volume erosi permukaan dihitung dengan formula USLE (Universal Soil Lose Equation) yang diperkenalkan oleh Wieschemier dan Smith yang dikembangkan oleh dinas Konversi Tanah, Departemen Pertanian Amerika Serikat.



- c. Pembahasan mengenai angkutan sedimen yang terjadi di Parit Raya dan akumulasi pengendapan yang terjadi di Parit Raya dan di Parit Agung bagian hilir, dimaksudkan untuk menentukan jumlah angkutan material sedimen yang terjadi di Parit Raya meliputi :
- Angkutan sedimen beban layang (suspended load) yang di hitung dengan menggunakan metode Power Regresi berda - sarkan data pengamatan angkutan suspended load dan de - bit aliran yang dihitung dari data curah hujan bulanan
  - Angkutan sedimen beban dasar (bed load) yang dihitung - dengan menggunakan formula Mayer Peter Muller (MPM) - berdasarkan data pengamatan angkutan bed load, kondisi penampang tempat pengukuran dan debit aliran yang dihi - tung dari curah hujan bulanan, serta menentukan akumu - lasi pengendapannya yang dihitung dengan menggunakan - pendekatan grafis dari Gunar Brune berdasarkan kapasi - tas tampung saluran, inflow rata-rata tahunan dan ha - sil perhitungan angkutan sedimen total.
- d. Pembahasan mengenai kemungkinan-kemungkinan penanggulang - an yang dapat dilakukan, dimaksudkan untuk menentukan - pengendalian secara umum terhadap erosi dan sedimentasi - pada alur Parit Raya berdasarkan evaluasi terhadap jum - lah angkutan sedimen dan kondisi penampang pada alur Pa - rit Raya.

## B A B - II

## DATA - DATA YANG DIPERLUKAN

Data-data yang diperlukan untuk studi tentang - angkutan sediment di Parit Raya ini, meliputi :

- Data topografi
- Data hidrologi
- Data sedimen
- Data-data teknis saluran Parit Raya
- Data-data teknis saluran Parit Agung
- Data-data teknis Pintu Air Bendo
- Data-data teknis Terjunan Kendal

Data-data yang digunakan dalam studi ini diperoleh dari Proyek Brantas Malang serta dari Seksi Pengaliran Brantas - Tulungagung.

### 2.1. Data Topografi.

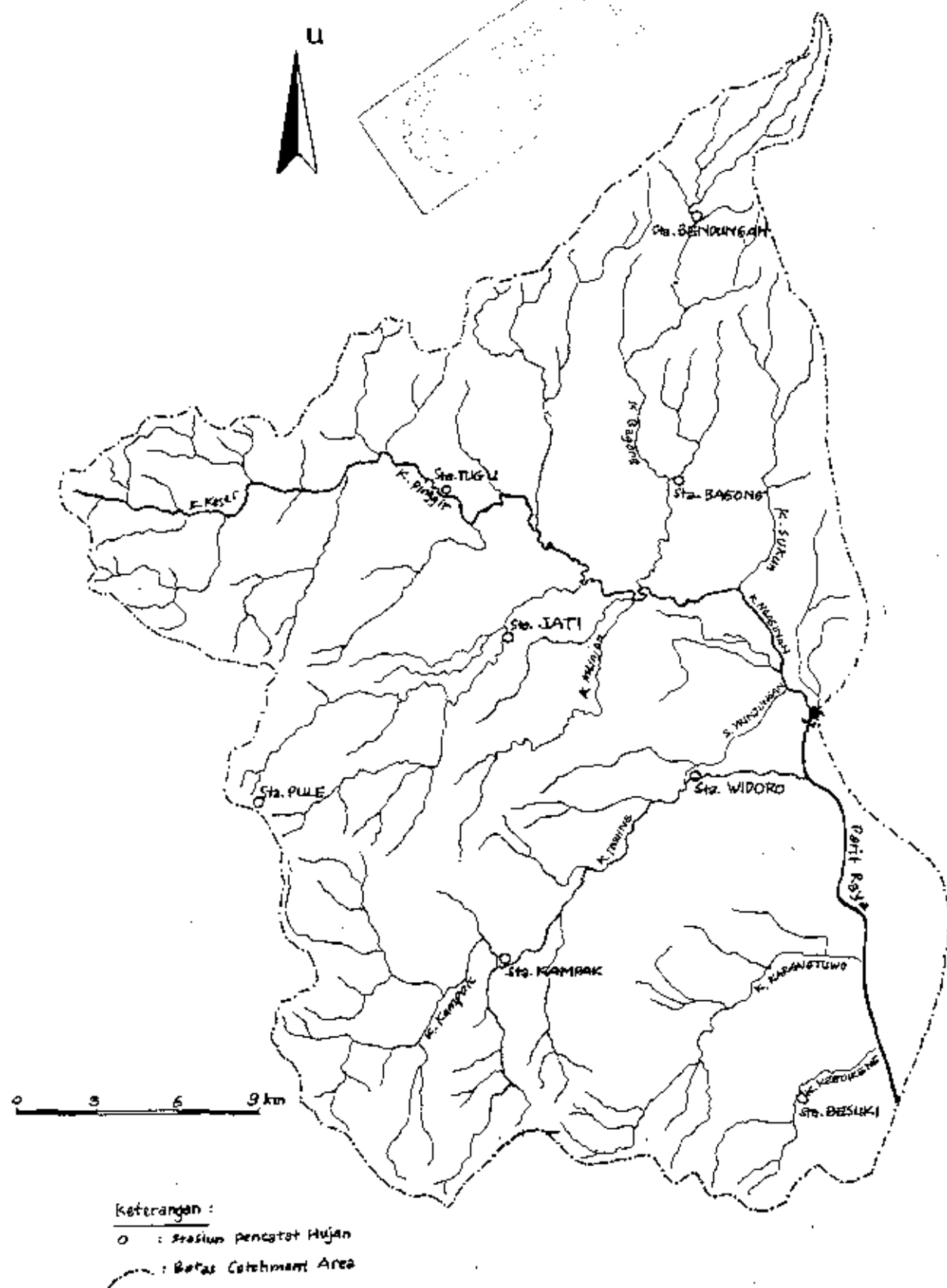
Kondisi topografi suatu DAS merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya erosi dan angkutan material sediment hasil erosi di DAS tersebut. Topografi DAS Parit Raya ditelusuri dari hasil pemetaan lapangan yang dituangkan dalam bentuk gambar peta topografi.

Peta topografi yang tersedia adalah peta topografi DAS Kali Ngrowo dengan skala 1 : 125.000 (Gambar 1.1).

## 2.2. Data Hidrologi.

Data-data hidrologi yang dapat diperoleh meliputi data hujan dan data debit.

- a. Data hujan diperoleh dari hasil pengamatan pada 8 stasiun pencatat hujan yang letaknya relatif terbagas merata di DAS Parit Raya, yakni stasiun pencatat hujan di Besuki, Kampak, Pule, Widoro, Jati atau Karangan, Tugu, Bagong dan Bendungan (Gambar 2.1)
- Data yang diambil meliputi :
- Data curah hujan bulanan rata-rata selama 15 tahun periode pengamatan dari tahun 1970 sampai dengan tahun 1984 (Tabel 2.1).
  - Data curah hujan harian maksimum tahunan, dengan lama pengamatan 15 tahun dari tahun 1970 sampai dengan tahun 1984 (Tabel 2.2).
  - Data curah hujan bulanan setiap tahun pengamatan dengan lama pengamatan 15 tahun dari tahun 1970- sampai tahun 1984 (Tabel 2.3).
- b. Data debit yang tercatat sangat terbatas, yakni hanya diperoleh dari hasil pengamatan angkutan sedimen di stasiun pengamatan sedimen.
- Oleh karena itu untuk melengkapi data debit tersebut, maka dilakukan perhitungan debit dari pengolahan data hujan.



Gambar. 2.1. Stasiun Pencatat Hujan di DAS perit-Raya

Sumber: PROYEK BRANTAS, Malang

Tabel 2.1. DATA CURAH HUJAN BULANAN RATA-RATA SELAMA 15 TAHUN PENGAMATAN  
(1970 - 1984)

BULAN	Curah Hujan Bulanan Rata-rata							
	Sta. BESUKI	Sta. KAMPAK	Sta. PULE	Sta. WIDORO	Sta. JATI	Sta. TUGU	Sta. BAGONG	Sta. BENDUNGAN
JANUARI	258,27	317	364,87	276,67	307,53	285,47	257,67	268,6
PEBRUARI	221,13	314,33	311,47	239,53	282,8	299,07	277,8	321,8
MARET	227,6	312,2	312,6	230,6	274,67	255	244,4	289,27
APRIL	127,87	198,6	206,33	134,6	163,4	176,93	154,87	289,67
MEI	207,4	190,67	203,67	156,33	159,53	176,53	168,87	215,47
JUNI	72,4	158,8	97,67	54,2	75,4	68,67	81	147,8
JULI	67,27	148,27	94,33	69,13	61,73	60,93	51,07	78,87
AGUSTUS	62	68,27	37,73	38,07	26,07	19,6	26,33	26,33
SEPTEMBER	142,27	157,33	96,07	99,2	91,87	81,4	102,13	125,27
OKTOBER	202,73	211,67	128,07	115,6	127,87	112,6	110,07	178,33
NOPEMBER	212,87	202,47	222,07	143,47	159,07	180,53	149,27	277,33
DESEMBER	215,27	223,4	273,53	203,87	216,6	194,93	197	247,93

Sumber : SEKSI PENGAIRAN BRANTAS, TULUNGAUNG.

Tabel 2.2. DATA CURAH HUJAN HARIAN MAKSIMUM TEHUNAN (1970 - 1984)

TAHUN	Tanggal-Bulan Kejadian	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)							
		Sta. BESUKI	Sta. KAMPAK	Sta. PULE	Sta. WIDORO	Sta. JATI	Sta. TUGU	Sta. BAGONG	Sta. BENDUNGAN
1970	24 - 4	157	210	93	113	181	72	62	135
1971	11 - 5	147	70	46	122	41	37	71	57
1972	20 - 3	79	108	95	35	46	24	52	120
1973	15 - 9	62	97	75	85	100	74	49	110
1974	31 - 10	70	143	61	116	93	84	85	85
1975	14 - 1	46	108	62	68	88	43	35	61
1976	20 - 11	50	99	80	41	90	74	35	124
1977	7 - 6	36	61	90	32	95	36	51	83
1978	19 - 6	84	137	47	77	72	64	91	100
1979	26 - 5	142	51	50	98	43	37	98	82
1980	6 - 2	60	58	60	50	44	61	47	59
1981	17 - 7	96	243	115	113	100	71	80	152
1982	14 - 12	77	74	70	70	53	95	134	89
1983	6 - 5	78	90	40	52	77	69	70	69
1984	11 - 1	84	121	36	55	67	75	96	110

Sumber : SEKSI PENGAIRAN BRANTAS, TULUNGAGUNG.

Tabel 2.3.a. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1970

Stasiun Bulan	Sta. SESUKI			Sta. KAMPAR			Sta. PULE			Sta. WIDORO			Sta. JATI			Sta. TUGU			Sta. BAGOJO			Sta. BENDUNGAN		
	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>
JANUARI	11	10	18	43,67	6	63	15	15	38	15,4	20	70	18,63	16	96	24,82	22	79	12,85	20	64	30,47	17	60
FEBRUARI	16,6	9	77	36,47	15	75	24,77	13	75	19,5	16	19	23,78	9	64	16,28	18	62	24,13	16	50	30,38	16	63
MARET	15,1	10	58	14,88	17	36	13,36	14	34	14,0	13	72	24,07	14	90	11,62	13	35	14,3	10	61	16,69	13	41
APRIL	32,9	10	157	34,14	14	210	22,5	12	93	22,31	16	113	40,88	8	181	21,5	16	72	18,75	12	62	29,27	11	13,5
MEI	20,46	13	58	23,35	17	62	24,79	19	95	19,13	15	76	19,44	9	60	16,3	20	67	19,36	14	92	-	-	-
JUNI	12,33	6	34	15,79	14	76	11,2	10	29	6,83	6	28	13,25	4	17	7,7	10	16	9,13	8	31	21	2	30
JULI	7,5	2	11	7	8	15	15,33	3	25	4,75	4	8	6,5	2	7	4	3	7	11	2	16	-	-	-
AGUSTUS	-	-	-	-	-	-	3,5	2	5	3,5	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEPTEMBER	9,67	6	17	15,33	9	50	6,78	9	15	12,0	10	57	6,17	6	8	-	-	-	7,89	9	18	64	2	81
OKTOBER	7	3	9	7,7	10	22	7,83	6	15	7,57	7	25	10,2	5	18	5,14	7	10	4,22	9	11	27,0	4	53
NOPEMBER	26	10	80	21,69	16	54	22,18	11	40	22,09	11	100	18	17	47	12,93	15	32	19,5	12	67	24,68	19	63
DESEMBER	26,08	13	68	27,2	15	75	16,94	17	55	19,94	18	109	15,77	13	37	11,43	21	32	17	17	55	24,57	14	60
Rata-rata	15,39	8	48,92	20,60	12	61,5	15,35	11	43,25	13,75	12	61,83	16,39	9	52,	10,98	12	34,33	13,18	11	43,92	22,34	8	48,83

Keterangan :

R<sub>b</sub> = Curah Hujan Harian Rata-rata Bulanan

R max = Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan

N = Jumlah Hari Kejadian Hujan Dalam 1 Bulan.

Sumber : SEKSI PENGALIRAN BRANTAS, TULUNGAGUNG.

Tabel 2.3.b. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1971

Stasiun Bulan	Sta. BESUKI			Sta. KAMPAK			Sta. PULS			Sta. WIDONG			Sta. JATI			Sta. TUGU			Sta. BAGONG			Sta. BENDUNGAN		
	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	H	P <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>
JANUARI	17,7	10	30	9,58	12	20	18,06	16	52	30	4	72	23,42	12	41	16	13	43	10,71	14	32	23,67	3	53
FEBRUARI	22,43	14	52	23,61	18	85	25,58	19	92	15,33	6	47	20,05	19	49	25,88	17	45	16,55	20	55	32,5	6	92
MARET	26,06	16	98	24,09	22	85	18,79	19	40	15	1	15	18,94	17	52	14,18	22	30	20,27	22	66	60	1	160
APRIL	-	-	-	5,33	3	10	10,33	3	16	-	-	-	9	3	14	6,5	4	12	5	5	9	-	-	-
MAY	35,8	15	147	26,63	19	70	12,67	18	46	11	2	122	24,58	12	41	12,37	19	37	21,27	15	71	40,5	4	57
JUNI	34	2	59	31,86	7	182	12,4	5	24	12	3	18	15,5	2	24	7,33	3	17	18,8	5	38	25,5	2	37
JULI	14,5	2	17	11,4	5	32	11	2	15	-	-	-	18	1	18	12	1	12	-	-	-	-	-	-
AGUSTUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEPTEMBER	15,75	4	20	14,13	8	31	6,57	7	12	-	-	-	13,67	3	17	1,5	8	3	33,88	8	68	-	-	-
OKTOBER	38,42	12	116	29,37	19	73	21	2	35	23,5	2	30	25,3	10	49	9,94	16	36	13,82	17	50	54,5	2	75
NOPEMBER	36,36	11	84	23,7	10	52	24,14	14	90	-	-	-	27,33	9	47	7,3	10	25	15,75	12	43	-	-	-
DESEMBER	23,43	7	81	15,79	14	40	14,19	21	60	29,67	3	47	19,23	13	37	20,2	15	43	12,94	17	45	25	2	36
Rata-rata	22,04	8	58,67	17,96	11	56,67	14,56	11	40,17	19,71	2	29,25	17,92	8	32,42	11,1	11	25,25	14,08	11	41,42	21,81	2	34,17

Keterangan :

R<sub>b</sub> = Curah Hujan Harian Rate-rata BulananR<sub>max</sub> = Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan

N = Jumlah Hari Kejadian Hujan dalam 1 bulan.

Sumber : SEKSI PENCAIRAN BRANTAS, TULUNGAGUNG.



Tabel 2.3-c. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1972

Stasiun Bulan	Sta.BESUKI			Sta.KAMPAK			Sta.POLE			Sta.WIDORO			Sta.JATI			Sta.TUGU			Sta.BAGONG			Sta.BENDUGAN		
	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>
JANUARI	30,2	10	76	13,4	15	38	12,90	21	72	25,5	4	40	17,45	22	57	17,15	20	43	17,68	19	55	22,8	5	60
FEBRUARI	16,75	8	28	16,85	13	52	12,06	17	35	27,6	5	62	16,27	15	57	27,18	11	62	15	18	86	45,50	2	67
MARET	29,21	14	79	26,25	16	108	23,94	17	95	28,5	6	35	15,67	18	46	13,05	20	24	18,22	18	52	38,6	5	120
APRIL	17,2	5	45	22,83	6	46	7,5	14	21	4	5	6	9,29	7	18	10,14	7	23	8,6	5	20	22,22	9	44
MEI	18,86	7	52	21	9	82	9,5	12	42	5,67	9	20	4,8	10	17	7,44	9	19	8,5	10	28	24,89	9	65
JUNI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	2	-	-	-
JULI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AGUSTUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1	5	6	1	6	-	-	-
SEPTEMBER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OKTOBER	12,5	2	13	17,5	2	30	-	-	-	13,5	2	19	11,33	3	26	5	1	5	18	1	18	12	2	14
NOPEMBER	17,17	6	47	8,8	5	16	6,8	5	15	10,8	5	20	5	1	5	3,75	4	7	10	6	30	11,5	12	25
DESEMBER	26,92	12	66	18	16	93	17,14	14	59	18,79	14	40	9,89	19	28	15,54	13	33	18	16	53	25,5	18	66
Rata-rata	14,07	5	33,83	12,05	7	38,75	7,99	8	28,25	11,16	4	20,17	7,73	8	21,42	8,69	7	18,40	10,17	8	29,17	16,92	5	38,42

## Keterangan :

- R<sub>b</sub> = Curah Hujan Harian Rata-rata Bulanan  
 R<sub>max</sub> = Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan  
 N = Jumlah Hari Kejadian Hujan dalam 1 bulan.

Sumber : SEKSI PENGALIRAN BRANTAS, Tulungagung.

Tabel 2.3.d. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1973

Stasiun	Sta. BESUKI			Sta. KAPPAK			Sta. PULE			Sta. WIDORO			Sta. JATI			Sta. TUGU			Sta. BACONG			Sta. BENDUNGAN		
	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>
Bulan																								
JANUARI	15,24	17	36	23,95	20	95	20,22	27	94	14,30	23	33	15	26	72	20,69	16	78	16,11	18	40	10	21	65
FEBRUARI	20,43	7	37	20,33	15	67	19,53	15	75	13,53	13	40	7,3	26	23	7,85	13	37	13,83	18	54	2,95	19	64
MARET	21,81	16	58	27,95	21	91	17,13	24	50	19,14	21	66	13,92	24	71	13,94	17	46	10,2	20	26	20,3	20	40
APRIL	19,91	11	39	22,95	20	135	26,82	17	70	12,42	19	51	10,22	23	53	20,56	16	69	13,26	19	38	15,19	21	35
MAY	20	21	58	6,76	17	30	11,46	24	34	9,35	23	30	15,32	19	40	22,59	22	89	18,29	17	91	24,11	18	82
JUNI	23,5	2	41	11,79	14	20	13,13	8	35	2,78	9	6	7,15	13	25	17,11	9	31	7,17	12	21	16,67	18	29
JULI	32	7	162	24,2	15	116	32,22	9	77	15,43	7	51	21,14	7	85	11,14	7	39	12,6	5	31	9,21	14	30
AGUSTUS	45,67	3	73	21,29	7	57	18,43	7	59	6,33	6	15	9,4	5	16	6,33	3	16	3,2	5	6	16,6	5	30
SEPTEMBER	27,71	14	62	29,83	18	97	23,38	16	75	20,79	14	85	24,21	14	100	20,7	10	74	14,64	14	49	24,67	15	110
OKTOBER	32,62	13	79	25,93	14	103	16,6	10	45	16,25	12	51	16,55	11	57	15	4	21	14,55	11	52	22,57	14	95
NOPEMBER	31	12	61	22	17	79	22	17	94	20,17	12	37	12,07	15	54	7,08	13	14	8,5	4	27	-	-	-
DESEMBER	25,44	9	42	13,5	12	32	10,38	16	27	16,08	12	50	13,69	13	61	13,13	8	32	15,64	11	51	-	-	-
Rate-rata	26,28	11	57,33	20,87	16	76,83	19,28	16	61,25	13,88	14	42,92	13,83	16	54,75	14,01	12	45,5	12,33	13				

Keterangan :

R<sub>b</sub> = Curah Hujan Harian Rata-rata BulananR<sub>max</sub> = Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan

N = Jumlah Hari Kejadian Hujan dalam 1 bulan.

Sumber : SEKSI PENCAIRAN BRANTAS, Tulungagung.

Tabel 2.3.e. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1974

Stasiun Bulan	Sta. BESUKI			Sta. KAPPAK			Sta. TULE			Sta. WIDORO			Sta. JATI			Sta. TUGU			Sta. BAGONG			Sta. BEJIDINGAN		
	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>
JANUARI	20	14	42	20,06	13	60	15	17	46	16	15	45	12,81	16	31	13,93	15	67	11,24	17	40	-	-	-
FEBRUARI	20,18	17	68	24,8	20	50	21,09	22	55	15,13	23	76	15,5	20	46	25,27	22	76	20	17	42	20,82	22	54
MARET	17,17	12	34	16	19	53	14,37	19	52	13,95	19	50	11,27	22	64	19,42	19	49	15,53	17	78	13,5	20	63
APRIL	87	2	132	21,3	10	54	13,92	12	26	10,57	7	30	15,7	10	35	25	11	69	18,36	11	59	16,11	19	75
MAY	21,5	4	48	16,44	9	93	11,2	10	20	9,46	13	33	14,91	11	38	24,85	6	42	13	8	21	21	18	186
JUNI	21	1	21	10	6	23	31,4	5	77	2,5	2	4	8	3	13	6,5	2	11	4,67	3	9	20	2	25
JULI	-	-	-	5,67	3	11	7,5	4	13	-	-	-	2	4	5	5,5	2	7	3	3	7	31,25	4	52
AGUSTUS	18,38	8	58	18	4	32	15,11	9	59	16,67	9	85	11,33	9	74	7,46	7	13	5,43	7	15	13,25	4	24
SEPTENBER	30	6	91	18,67	9	42	10,3	10	34	13,9	10	50	9,33	12	26	7,71	7	20	9,64	11	27	20,27	11	50
OKTOBER	27,62	13	70	30,06	17	143	15,05	19	61	34	13	116	26,63	16	93	18,73	11	84	22,5	12	85	23,85	20	85
NOPEMBER	26	11	137	25	11	98	15,53	17	56	22,42	12	103	33,44	9	112	27,08	13	70	30,46	13	86	31,47	15	133
DESEMBER	16,67	9	48	24,55	11	104	19,2	15	54	19,25	12	36	10,57	14	54	15,29	14	44	20,15	13	86	21,92	13	34
Rata-rata	25,46	8	62,42	19,21	11	64	15,81	13	46,08	14,49	11	52,33	13,46	12	49,25	17,22	11	46	14,5	11	46,25	19,51	12	65,08

Keterangan :

R<sub>b</sub> = Curah Hujan Harian Rate-rate BulananR<sub>max</sub> = Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan

N = Jumlah Hari Kejadian Hujan dalam 1 bulan.

Sumber : SEKSI PENGALIRAN BRANTAS, Tulungagung.

Tabel 2.3.f. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1975

Stasiun Bulan	Sta. BESUKI			Sta. KAMPAR			Sta. PULUE			Sta. WIDORO			Sta. JATI			Sta. TUUT			Sta. BAGOONG			Sta. BENDANGAN		
	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	K	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>
JANUARI	26,14	7	46	27,16	17	108	22,21	19	62	18,33	18	68	17,95	21	86	10,95	19	43	14,53	17	35	20,57	18	61
FEBRUARI	20,21	14	56	20,5	16	61	17,6	20	53	19,53	19	84	22,26	19	96	14,4	20	49	19,8	15	50	23,31	13	55
MARET	6,31	16	45	18,75	24	59	25,08	25	95	17,76	21	64	18,68	22	65	16,39	18	59	13,90	21	38	18	13	65
APRIL	23,0	5	53	8,58	12	29	16,46	13	40	16	15	74	8,53	19	35	8,2	15	23	14,81	16	55	26,67	12	85
MEI	17,54	13	60	25,64	14	84	21,56	18	65	11,56	18	98	12,81	16	39	9,21	19	33	9,88	17	52	31,73	11	85
JUNI	-	-	-	23	1	23	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JULI	-	-	-	3,2	5	5	13	2	19	4	4	7	4	3	7	5,33	3	8	3,6	5	7	12	3	14
AGUSTUS	13	8	43	10,7	10	47	11,6	5	25	4,89	9	9	4,38	8	10	3	1	3	3,49	9	5	7,25	8	11
SEPTEMBER	34,6	10	48	21,28	18	146	17,94	16	83	23,23	13	26	23,5	12	119	33,62	13	144	17,36	11	84	16,44	16	83
OKTOBER	40,53	19	158	26,71	24	122	35,53	17	94	26,5	14	92	15,59	17	47	34	17	80	20,5	14	60	25,65	17	61
NOPEMBER	24,7	10	116	19	9	58	14,92	12	27	11,21	14	48	19,33	9	49	29,72	18	93	10,67	15	41	24,33	15	78
DESEMBER	28,75	8	85	12,5	20	68	22,05	21	61	15,24	17	65	15,83	12	60	22,75	16	117	18,46	13	70	26,79	14	78
Rata-rata	19,64	9	59,17	18,17	14	67,5	18,16	14	52	14,02	14	61,25	13,66	13	51,33	15,8	13	54,33	12,25	13	41,42	19,40	12	56,33

Keterangan :

R<sub>b</sub> = Curah Hujan Harian Rata-rata BulananR<sub>max</sub> = Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan

N = Jumlah Hari Kejadian Hujan dalam 1 bulan.

Sumber : SEKSI PENGAIRAN BRANTAS, TALUNGGUNG.

Tabel 2.3.5. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1976

Stasiun Bulan	Sta. BESUKI			Sta. KAMPAR			Sta. PULE			Sta. WIDORO			Sta. JATI			Sta. TUGU			Sta. BACONG			Sta. BENDUNGAH		
	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>
JANUARI	25,25	16	56	17,94	17	74	17,24	25	73	16,27	22	51	13,77	22	40	19,25	20	62	14,63	16	34	20,83	12	49
FEBRUARI	24	6	53	9,24	17	39	18,6	10	45	10,15	13	32	13	15	43	8,53	19	48	13,69	13	46	26,36	11	115
MARET	29,36	14	102	19,36	14	71	21,18	17	85	13,8	20	49	15,89	18	48	16,79	19	83	12,44	18	30	18,94	18	44
APRIL	11	2	18	9,4	10	28	10,25	4	24	10,67	6	29	15,6	10	39	15,29	7	55	9,25	4	18	16,17	6	38
MAY	-	-	-	6	1	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1	5
JUNI	9	1	9	-	-	-	-	-	-	1,5	2	2	-	-	-	-	-	-	2	3	4	-	-	-
JULI	-	-	-	-	-	-	5	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	1	6
AGUSTUS	3	1	3	4	2	4	3	2	3	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1,5	2	2	-	-	-
SEPTEMBER	31	2	42	10,67	3	22	20	4	32	2	2	3	4,5	2	5	-	-	-	3,5	2	4	18,33	15	79
OKTOBER	32	4	67	25,13	8	99	11,6	15	47	0,63	8	23	11,56	9	90	12	8	57	5,77	13	15	-	-	-
NOPEMBER	24,64	11	50	10,44	16	99	35,88	16	80	11,75	16	41	13,75	12	90	24,5	16	74	12,57	14	35	57,09	11	124
DESEMBER	46,33	3	62	9	3	11	22,6	5	69	7,33	9	21	8,29	7	20	15	5	43	12,57	7	27	20,88	8	40
Rata-rata	19,63	5	38,5	10,10	8	37,75	13,78	8	38,58	6,93	8	21	8,53	8	31,25	9,28	8	35,16	7,33	8	17,92	15,82	7	41,67

Keterangan :

R<sub>b</sub> = Curah Hujan Harian Rata-rata Bulanan

R<sub>max</sub> = Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan

N = Jumlah Hari Kejadian Hujan dalam 1 bulan

Sumber : SEKSI PENCAIRAN BRANTAS, Tulungagung.

Tabel 2.3.h. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1977

Stasiun Bulan	Sta. DESUKI			Sta. KAMPAK			Sta. PULZ			Sta. WIDORO			Sta. JATI			Sta. TUGU			Sta. BAGONG			Sta. BENDUGAN		
	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>
JANUARI	22,0	10	51	23,27	11	47	38,4	15	98	13	18	60	16,25	16	69	13,81	16	47	11,41	17	43	23,25	8	45
FEBRUARI	16,25	12	80	14,76	17	51	52,83	18	32	14,39	18	34	48,41	17	85	13,61	18	32	14,64	14	47	17,1	10	50
MARET	18,23	13	64	19,93	14	60	15,46	13	35	13,95	19	65	16,67	21	47	19,45	20	66	14	20	37	17,83	18	64
APRIL	12,25	4	20	17,5	12	60	21,7	10	67	7,29	14	42	8,2	10	25	22,67	6	65	16,57	7	40	28,15	13	105
MEI	18,5	2	35	6,6	5	21	14,25	4	37	11	5	11	1,5	4	3	-	-	-	2	1	2	13	4	25
JUNI	20	2	36	13,57	7	61	31,86	7	90	9,2	5	32	18	6	95	14,33	3	36	19,67	6	51	34,5	6	83
JULI	-	-	-	5	1	5	-	-	-	3	1	3	6	1	6	-	-	-	-	-	-	6	2	11
AGUSTUS	-	-	-	2	2	2	3	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,33	3	4	-	-	-
SEPTEMBER	24	1	24	7,33	3	11	-	-	-	4,2	5	8	1,75	4	3	-	-	-	2,33	3	3	14	6	36
OKTOBER	13	2	16	2,67	3	4	8	1	8	5	2	9	1	1	1	-	-	-	2,67	3	4	11	1	11
NOPEMBER	8,33	3	16	-	-	-	8,33	3	13	16,33	6	83	6,71	7	20	16,33	3	29	5	5	5	33	3	64
DESEMBER	26,30	13	63	-	-	-	19,72	18	62	-	-	-	17,05	20	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rata-rata	15,08	5	33,75	9,39	6	26,83	14,46	8	37,08	8,11	7	28,92	9,30	9	34,25	8,35	6	22,92	7,55	7	20,25	16,49	6	41,17

Keterangan :

R<sub>b</sub> = Curat Hujan Harian Rata-rata BulananR<sub>max</sub> = Curat Hujan Harian Maksimum Bulanan

N = Jumlah Hari Kejadian Hujan dalam 1 bulan

Sumber : SEKSI PENGALIRAN BRANTAS, Tulungagung.

Tabel : 2.3.1. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1978

Stasiun	Sta. BESEKI			Sta. KAMPAR			Sta. PULU			Sta. WIDODO			Sta. JATI			Sta. TUGU			Sta. BAGO			Sta. BENDUNGAN		
	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>
JANUARI	20	14	54	33,25	12	96	24,05	22	65	19,26	19	84	20,55	20	50	11	35	15,19	16	49	11	20	60	
FEBRUARI	30	6	43	11,38	13	47	10,27	15	35	9,53	19	30	11,17	18	26	16	13	10,53	17	36	8,79	14	34	
MARET	24,07	14	56	23,21	14	123	19,94	16	65	14,4	20	97	14,8	20	52	17	12	10,38	21	41	13,22	18	30	
APRIL	19,43	7	54	18,38	9	52	24,78	9	90	11,7	10	26	24,1	10	40	13,25	8	23	10	11	30	14	9	30
MAY	32,36	14	91	28	17	122	20,68	19	93	16,19	16	57	17,5	18	54	14,62	21	46	16	17	60	12,45	20	49
JUNI	30,21	14	84	34,11	19	137	22,47	17	47	18,61	18	77	22,72	18	72	24,28	18	64	20,76	21	91	26,72	25	100
JULI	17,4	10	42	25,76	17	86	17,41	22	96	14,33	21	70	20,67	15	110	25,33	15	140	21,8	15	90	16,6	15	46
AUGUSTUS	15,73	8	32	14,57	14	45	13,23	13	38	11	12	49	10,73	11	28	13,13	8	49	12,17	12	52	-	-	-
SEPTEMBER	24,58	12	63	29	12	120	12,85	13	41	10,76	17	45	10,41	17	47	15,1	10	54	10,19	16	62	30,75	8	69
OKTOBER	22,5	4	52	18,5	10	48	11,1	10	62	17,93	14	92	11,33	9	55	15,5	4	36	7,6	10	19	18,29	17	62
NOPEMBER	27,25	4	52	34,5	4	86	14,31	13	30	15,17	12	48	19,17	12	65	18,71	7	39	11,09	11	39	20,6	15	60
DESEMBER	22,67	6	57	23,82	11	61	15,33	18	50	12,94	17	47	11,33	18	40	11,91	11	22	17	12	43	24,05	19	125
Rata-rata	23,85	9	56,67	24,54	13	85,25	17,20	16	59,33	14,32	16	60,17	16,21	16	52,42	16,32	12	53,08	13,56	15	51	16,37	15	55,42

Keterangan :

Sumber : SEXSI PENCAIRAN BRANTAS, Tulungagung-

R<sub>p</sub> = Curah Hujan Rata-rata Bulanan  
R<sub>max</sub> = Curah Hujan Hari-hari Maksimum Bulanan  
N = Jumlah Hari Kejadian Hujan dalam 1 bulan

Table 2.3.3. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1979

Stasiun	Sta. BESOKI			Sta. KAMPAR			Sta. PULE			Sta. WIDORO			Sta. JATI			Sta. TUGU			Sta. BACONG			Sta. BENDANGAR		
	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>
JANUARI	23,54	13	44	27,77	13	52	16,27	22	60	16,10	21	34	12,52	21	41	12,48	23	65	18,06	16	68	32,5	10	75
FEBRUARI	30,63	8	78	23,36	14	53	21,90	21	85	21,75	16	89	13,18	22	60	15,61	18	53	17,29	17	75	24,61	13	66
MARET	14,15	13	23	15,59	17	39	16,96	28	60	14,57	21	65	14,04	23	31	15,24	21	36	17,36	22	64	21,25	16	75
APRIL	9	8	15	21,7	10	75	14,17	18	65	12,38	16	39	14,57	14	42	15,53	15	47	13,29	14	28	19,13	23	70
MAY	27,82	17	42	20,64	11	51	11,81	21	50	17,7	20	98	12,42	19	43	12,5	16	37	17,62	21	98	24,05	19	82
JUNI	32	7	79	38,57	7	131	8,36	11	28	13,5	8	47	9,11	9	36	8,86	7	42	8,29	7	38	29,09	13	140
JULI	8,33	3	10	11	3	20	6,8	5	15	4,85	6	11	5,67	3	11	2,5	2	3	4,75	4	8	5	8	23
AUGUSTUS	37,67	3	43	6,5	6	13	4,8	5	15	5,5	6	9	4,8	5	10	5,6	5	10	8,6	5	14	10,57	7	20
SEPTEMBER	16,83	6	30	8,29	7	25	7,8	5	15	5,14	7	14	6,4	5	19	3,75	4	5	5,67	3	11	9,5	6	22
OCTOBER	16,25	8	46	17	2	19	17,75	4	53	6,75	8	15	8,67	6	19	10	4	15	7	4	22	19,2	5	47
NOPEMBER	24,75	4	47	59,5	5	184	17,38	8	53	11,86	7	38	27,25	4	45	19	3	27	15,17	6	28	15	15	94
DESEMBER	16,46	13	56	19,92	12	65	17,57	23	107	11,06	18	74	10,89	19	35	14,1	20	45	10,52	21	46	22,7	20	60
Hata-rata	21,45	9	51,08	22,48	9	60,	13,46	12	50,5	11,76	13	44,42	11,63	13	32,67	11,26	12	30,42	11,97	12	41,75	19,43	13	64,5

Keterangan :

R<sub>p</sub> = Curah Hujan Hari-hari Hata-rata Bulanan

R<sub>max</sub> = Curah Hujan Hari-hari Maksimum Bulanan

N = Jumlah Hari Kejadian Hujan dalam 1 bulan.

Sumber : SEKSI PENGALIRAN SRANTAS, Tulungagung.





Tabel 2.3.k. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1980

Stasiun Bulan	Sta. BESUKI			Sta. KAMPAR			Sta. PULE			Sta. WIDORO			Sta. JATI			Sta. TOGU			Sta. BACONG			Sta. BENDUNGAN		
	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>
JANUARI	28,5	14	56	17,17	18	48	11,52	21	37	14,22	18	39	12,62	21	30	15,89	18	51	16,06	17	77	16,43	14	55
FEBRUARI	21,64	11	60	18,6	15	58	16,31	13	60	15	21	50	20,15	13	44	16,81	16	61	17,38	21	47	20,15	20	59
MARET	16,6	5	25	9,67	6	22	4,88	8	12	12,2	10	32	21,43	7	51	14	9	42	13,13	8	23	14,54	13	30
APRIL	8	6	15	19,11	9	46	13,67	12	38	11,25	12	41	12,8	10	26	13,38	8	25	11,83	12	43	14,96	24	56
MAY	-	-	-	8,5	2	13	24	3	68	3	1	3	3	1	3	-	-	-	-	-	-	5,29	7	10
JUNI	-	-	-	4	2	5	8	1	8	2,5	2	3	-	-	-	-	-	-	2	1	2	23	1	23
JULI	9,33	3	13	11	3	15	7,67	3	10	12	2	17	13	1	13	10	1	10	11	2	13	7,33	3	10
AUGUSTUS	18,67	3	36	18,83	12	99	8,91	11	34	13,2	5	49	17,8	5	65	14,5	4	37	11	4	22	4	5	9
SEPTEMBER	6	1	6	15	1	15	3,33	3	8	3	2	5	5	1	5	-	-	-	2	2	3	-	-	-
OKTOBER	34,83	6	98	21,33	6	48	10	6	38	7,86	7	22	6,33	6	15	11	3	21	5	8	23	-	-	-
NOVEMBER	35,5	10	81	26,82	17	105	16,71	17	91	10,53	17	39	13,2	15	39	15	11	30	9,67	15	26	23,47	19	90
DESEMBER	26,14	7	54	26,4	10	82	17,92	13	92	16,29	14	53	12,29	14	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rata-rata	17,10	6	37,83	16,37	8	46,33	11,91	9	41,33	10,09	9	29,42	11,47	8	27,75	9,21	6	23,17	8,71	8	23,25	9,96	9	28,5

Keterangan :

R<sub>b</sub> = Curah Hujan Harian Rate-rate Bulanan

R<sub>max</sub> = Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan

N = Jumlah Hari Kejadian Hujan dalam 1 bulan.

Sumber : SEKSI PENGALIHAN PRANTAS, TULUNGAGUNG.

Tabel 2.3.1. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1981

Stasiun Bulan	Sta. BESUKI			Sta. KAMPAR			Sta. PULÉ			Sta. WIDORO			Sta. JATI			Sta. TULU			Sta. SAGONG			Sta. SEMBUNGAN		
	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	3 <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>
JANUARI	13,08	13	33	16,17	18	42	11,89	19	34	10,52	21	54	12,06	17	47	20,75	12	83	15,75	16	39	17,19	16	45
FEBRUARI	19,46	13	58	20,73	15	62	16,94	16	55	12,55	20	36	17,22	18	39	15,22	18	57	16,06	16	64	13,69	16	41
MARET	7,71	7	14	18,73	15	65	14	20	45	10,93	14	32	16,5	14	46	22,11	9	40	16,62	13	79	27,16	19	104
APRIL	23,8	5	54	18,44	9	36	21,7	10	51	13,1	10	49	15,56	9	41	17,56	9	66	12,5	8	36	29,75	12	111
MAY	14	4	33	10	9	26	18,08	12	85	12,5	8	23	10,9	10	31	17,86	7	40	12,25	12	30	28,91	11	112
JUNI	11,8	10	34	23,63	16	67	12,67	12	30	8,7	10	29	12,78	9	40	9,4	5	25	11,83	12	62	19,67	15	108
JULI	28,5	16	96	54,43	21	243	30,29	17	115	28,76	17	113	17,63	19	100	26,5	14	71	17,6	15	80	34,47	15	152
AGUSTUS	10,78	9	21	8,88	16	22	11,43	7	25	4,38	13	9	4,57	7	8	5	3	8	8	5	18	10,63	8	30
SEPTEMBER	23,38	8	50	21,5	6	71	21	7	67	8,55	11	37	12,71	7	49	30,25	4	66	26,83	6	56	11,86	7	35
OKTOBER	13,8	5	38	5,33	12	13	16,33	9	50	4	11	13	8,9	10	20	11	9	33	12,22	9	22	17,73	11	38
NOPEMBER	23,29	14	48	23,55	11	103	20,6	20	80	12,65	17	53	15,17	6	26	31,56	9	68	15,71	14	53	18,22	18	51
DESEMBER	11,7	10	26	27,33	6	49	12,53	19	97	8,5	16	39	15,18	11	54	17,47	15	79	17,63	8	52	14	15	36
Rata-rata	16,77	10	42,25	20,73	13	66,59	17,29	14	61,83	11,26	14	40,58	13,43	11	43,42	18,72	10	53	15,25	11	49,25	20,27	14	71,92

Keterangan :

R<sub>b</sub> = Curah Hujan Harian Rata-rata BulananR<sub>max</sub> = Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan

N = Jumlah Hari Kejadian Hujan dalam 1 bulan.

Sumber : SEKSI PENGAIRAN BRANTAS, Tulungagung.

Tabel 2.3.m. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1982

Stasiun Bulan	Sta. BESIUKI			Sta. KAMPAK			Sta. PULE			Sta. WIDORO			Sta. JATI			Sta. TUGU			Sta. BAGOONG			Sta. BENJONGAN		
	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>
JANUARI	15,92	12	46	17,2	10	65	13,86	22	50	13,89	19	46	13,35	17	32	17,06	17	54	14,5	18	36	16,73	15	35
FEBRUARI	16,75	16	45	19,86	14	51	26,27	15	38	11,87	23	54	21,59	17	69	19,74	19	65	15	17	63	62,25	8	136
MARET	18,22	9	26	23,18	11	83	26,89	9	56	13,5	14	65	11,15	13	44	16,21	14	35	23,11	9	61	19,62	13	41
APRIL	11,57	7	24	12,75	6	63	29,38	8	56	6,42	12	18	13,36	11	43	20,5	8	67	23,75	8	54	24	13	73
MAY	30	1	30	3,75	4	6	11	1	11	9	2	12	5	3	11	6	1	6	2,5	2	4	3,5	4	6
JUNI	6	3	8	24,25	4	68	3,83	6	8	19	3	45	8,75	4	26	92	2	95	23	1	23	36,5	2	69
JULI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AGUSTUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEPTEMBER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OKTOBER	7	2	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOPEMBER	6	1	6	-	-	-	14	2	3	36	1	36	3	1	3	-	-	-	2	1	2	-	-	-
DESEMBER	18,18	11	77	21,47	17	74	17,35	17	18,17	16,56	18	70	18,17	18	53	21,69	13	95	16,90	21	134	25,1	20	89
Rata-rata	10,80	5	22,5	10,20	6	34,17	11,88	7	7,86	10,73	8	29,17	7,86	7	23,42	12,77	6	34,75	10,06	6	31,42	15,89	6	37,42

Keterangan :

- R<sub>b</sub> = Curah Hujan Harian Rata-rata Bulanan  
R<sub>max</sub> = Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan  
N = Jumlah Hari Kejadian Hujan dalam 1 bulan.

Sumber : SEKSI PENGALIRAN BRANTAS, TULUNGAGUNG.

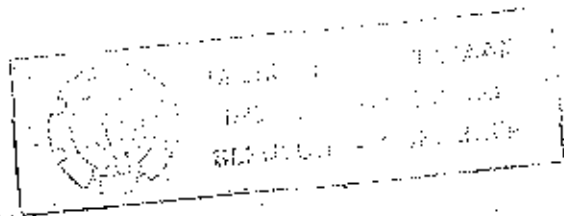
Tabel 2.3.n. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1963

Stasiun Bulan	Sta. DESUKI			Sta. KAMPAR			Sta. PULE			Sta. WIDORO			Sta. JATI			Sta. CUCU			Sta. BAGONG			Sta. BENDUNGAN		
	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>b</sub>	N	R <sub>max</sub>
JANUARI	24,08	13	47	28,57	14	68	14,90	21	85	19,59	17	54	21,13	15	58	15,4	15	35	16,07	15	40	22,35	20	51
FEBRUARI	19,18	11	70	23,33	12	48	24,67	15	50	7,89	18	27	15,33	15	68	13,05	19	40	17,8	15	79	18,88	24	60
MARET	14,56	9	62	21,27	11	41	17,56	18	75	13,75	16	25	9,69	16	31	16,29	14	69	11,65	17	44	20,88	17	50
APRIL	28,44	9	59	14,25	8	29	14,4	15	45	10,93	14	47	12,64	14	58	13,93	14	54	10,47	17	81	19	16	111
MAY	21,42	12	78	22,15	20	90	16	19	40	15,35	23	52	16,57	21	77	19,91	22	69	20,89	18	70	28,88	24	69
JUNI	16,5	2	24	17,33	9	59	11	9	33	4,38	8	9	7,6	5	20	18,5	2	30	16	3	38	56	1	56
JULI	-	-	-	5,75	4	11	6	2	9	3,75	4	6	3,2	5	5	-	-	-	8,5	2	11	9,4	5	26
AUGUSTUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEPTEMBER	-	-	-	25	1	25	4	1	4	2,67	3	5	1,75	4	2	-	-	-	1	1	1	6	2	7
OKTOBER	22,56	9	67	27,33	12	126	16,6	10	33	10,69	16	53	16,75	12	72	12,8	15	50	15,73	14	70	23,36	14	76
NOPEMBER	16,89	9	41	9,92	13	28	11,29	14	26	5,53	15	18	11,85	13	26	19,82	17	65	18	14	56	21,26	19	76
DESEMBER	20,89	9	56	11,55	11	56	7,1	19	24	13,94	16	54	26,91	11	83	23,67	9	49	18,15	13	57	-	-	-
Rata-rata	15,38	7	42	17,21	10	48,42	11,96	12	35,33	9,04	13	29,17	11,95	11	41,67	12,36	11	38,42	12,93	11	45,58	18,83	12	48,5

Keterangan :

- R<sub>b</sub> = Curah Hujan Harian Rate-rate Bulanan
- R<sub>max</sub> = Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan
- N = Jumlah Hari Kejadian Hujan dalam 1 bulan.

Sumber : SENSI PENGANTAN BRANTAS, TALUNSENGUNG.



Tabel 2.3.0. DATA CURAH HUJAN BULANAN TAHUN 1984

Stasiun	Sta. BESUKI			Sta. KAMPAR			Sta. PULE			Sta. WIDORO			Sta. JATI			Sta. TUGU			Sta. BAONG			Sta. BENDUHAN		
	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>	R <sub>p</sub>	N	R <sub>max</sub>
JANUARI	28,0	10/84	18,19	21/121	14,36	25/36	16,71	21/55	24,56	16/67	27,81	16/75	19,75	20/96	28,47	19/110	13,71	14/73	20,22	18/89	19,6	15/52	16,23	22/41
FEBRUARI	13,85	13/37	9	19/34	12,19	16/25	13,65	17/44	17,86	14/55	13,17	14/55	13,17	12/41	21,26	19/92	13,85	14/43	22,6	15/31	14,2	20/43	20,62	21/67
MARET	17	8/46	29,5	8/83	16,5	10/47	14,1	10/53	18,3	10/89	17,57	7/55	11,44	9/40	20,27	11/61	14,86	14/43	22,6	15/31	14,2	20/43	20,62	21/67
APRIL	5,5	2/7	8	9/29	8,33	6/20	4,29	7/9	17,67	6/40	20,67	6/50	37,67	3/41	19	4/27	17	8/46	29,5	8/83	16,5	10/47	14,1	10/53
MAY	11,6	5/32	10,67	9/36	3,22	9/9	4,13	8/13	10	3/21	6,33	3/9	1,25	4/2	-	-	5,5	2/7	8	9/29	8,33	6/20	4,29	7/9
JULI	24,5	6/46	12,17	6/41	7,25	4/14	4,75	8/22	12	2/14	3	3/5	5,25	4/6	11	2/13	24,5	6/46	12,17	6/41	7,25	4/14	4,75	8/22
AGUSTUS	28,27	15/93	19,6	20/121	8,79	14/32	21,85	13/86	15,87	15/65	22,4	10/62	25,23	13/77	13,5	10/53	28,27	15/93	19,6	20/121	8,79	14/32	21,85	13/86
SEPTEMBER	18,5	6/46	5,25	8/10	7,8	5/14	5,75	8/21	16,5	4/56	10,75	4/26	13,67	3/25	18,93	14/56	18,5	6/46	5,25	8/10	7,8	5/14	5,75	8/21
OKTOBER	15,17	12/47	9,6	15/32	8,45	11/18	11,15	13/25	16	11/29	11,7	10/23	12,09	11/42	19,79	14/67	15,17	12/47	9,6	15/32	8,45	11/18	11,15	13/25
NOPEMBER	18,27	15/52	14,48	21/47	14,81	21/89	14,7	20/44	17,67	18/81	20,92	12/51	14,94	16/55	23,11	18/57	18,27	15/52	14,48	21/47	14,81	21/89	14,7	20/44
DESEMBER	17,43	10/50,5	14,94	14	56,17	10,60	14	32	10,82	14	39,75	16,84	11	55,42	15,79	10	17,43	10/50,5	14,94	14	56,17	10,60	14	32

Keterangan :  
 R<sub>p</sub> = Curah Hujan Harian rata-rata Bulanan  
 R<sub>max</sub> = Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan  
 N = Jumlah Hari Kejadian Hujan dalam 1 bulan

Sumber : SEKSI PENYAIKINAN BAWA, Tulungagung.

### 2.3. Data Sedimen.

Data sedimen diperoleh dari pengamatan angkutan sedimen di stasiun pencatat sedimen Tanggul Wela - han selama 1 tahun dari bulan Nopember 1981 sampai dengan bulan Oktober 1982.

Hasil pengamatan angkutan sedimen yang tersedia, meliputi :

- Angkutan sedimen layang (suspended load) berupa debit aliran sedimen beserta debit aliran air yang mengangkutnya (Tabel 2.4).
- Angkutan sedimen dasar (bed load) berupa distribusi dari karakteristik butiran sediment setelah dilakukan analisa pada contoh sedimen dasar, serta data - kecepatan aliran dan kondisi hidrolis penampang saluran dimana contoh sedimen dasar diambil (Gambar 2.2 dan Tabel 2.5) Dimana diperoleh  $D_{90} = 0,7 \text{ mm}$ ,  $D_{50} = 0,25 \text{ mm}$  dan  $D_m = 0,25 \text{ mm}$

### 2.4. Saluran Parit Raya.

Saluran ini merupakan saluran pematusan banjir untuk daerah Trenggalek dan daerah Tulungagung sebelah Barat Daya.

Hulu saluran pematusan ini dimulai dari pelepasan pada pintu air Bendo dan bermuara di saluran Parit Agung di daerah Kendal.

Data-data teknis saluran Parit Raya :

- Panjang total adalah 15,5 km
- Lebar dasar bervariasi dari 26 m sampai dengan 41 m

- Lebar atas bervariasi dari 50 m sampai dengan 78 m
- Kemiringan dasar bervariasi dari 1 : 2600 sampai dengan 1 : 1040.
- Kemiringan talud bervariasi dari 1 : 1,7 sampai dengan 1 : 1,35.
- Kapasitas bervariasi dari 200 m<sup>3</sup>/det. sampai dengan 840 m<sup>3</sup>/detik.

Secara grafis data-data teknis diatas ditunjukkan pada gambar 2.3, sehingga dapat dihitung kapasitas tampungan Parit Raya seperti disajikan pada tabel 2.6 dan gambar 2.4.

#### 2.5. Pintu Air Bendo.

Pintu ini merupakan pengatur debit kali Ngasinan yang dialirkan ke Parit Raya dan terletak di sebelah barat kota kecamatan Bendo, lebih kurang 500 m disebelah utara jembatan Bendo dimana Parit Raya melintasi jalan raya Trenggalek - Tulungagung.

Data-data teknis :

##### Pintu.

- Type : pintu tunggal dengan roda tetap
- Ukuran : 4 m x 2,5 m
- Jumlah : 3 buah
- Sistem penggerak : motor listrik kapasitas 2 kw

Bendung.

- Type : bendung beton dengan pintu - baja.
- Pilar : 2 buah
- Pondasi : tiang pancang beton
- Debit rencana :  $650 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Elevasi puncak : + 85,10 m
- Elevasi ambang : + 83,10 m

2.6. Bangunan Terjun Kendal.

Bangunan terjun di Parit Raya terletak di daerah Kendal lebih kurang 1,2 km disebelah hulu dari pertemuan Parit Raya dengan Parit Agung.

Bangunan ini dibuat dengan tujuan untuk menjaga agar tidak terjadi penggerusan disekitar bagian hulu dari pertemuan Parit Raya dengan Parit Agung .

Data-data teknis :

- Panjang : 3,12 m
- Tinggi : 2,00 m
- Elevasi hulu : 73,30 m
- Elevasi hilir : 71,30 m
- Kemiringan : 1 : 1,07

2.7. Saluran Parit Agung.

Saluran ini merupakan saluran pematusan banjir untuk daerah kota Tulungagung dan daerah Tulungagung-selatan.

Hulu saluran ini dimulai dari pelepasan pada pintu -



air Tulungagung sampai dengan pintu Terowongan Tulungagung selatan.

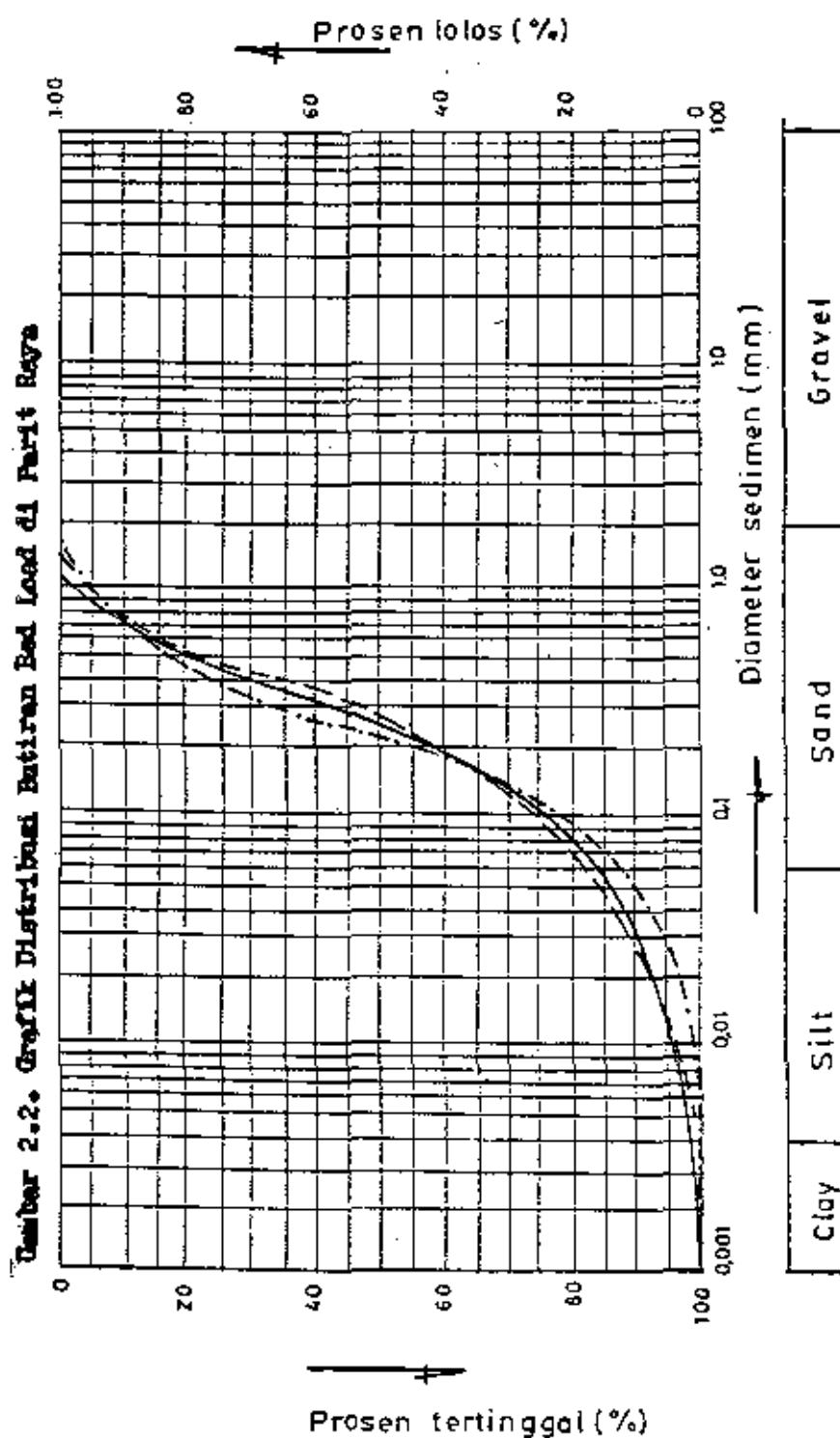
Pada jarak lebih kurang 2 km disebelah hulu dari pintu terowongan terletak muara Parit Raya.

Sehingga bagian hilir dari pertemuan tersebut, saluran Parit Agung menampung debit dari bagian hulu Parit Agung maupun debit dari Parit Raya.

Oleh karena itu kapasitas saluran Parit Agung bagian hilir sepanjang 2 km tersebut harus mampu menampung debit banjir daerah Tulungagung dan daerah Trenggalek yang dialirkan melalui Parit Raya dan Parit Agung untuk dibuang ke lautan Indonesia melalui Terowongan Tulungagung selatan I dan II.

Data-data teknis :

- Panjang total 24,2 km
- Lebar dasar bervariasi dari 10 sampai dengan 16 m
- Lebar atas bervariasi dari 19 m sampai dengan 70 m
- Kemiringan dasar bervariasi dari 1 : 7500 sampai dengan 1 : 827.
- Kemiringan tebing bervariasi dari 1 : 3,5 sampai dengan 1 : 2
- Kapasitas bervariasi dari 200 m<sup>3</sup>/detik sampai dengan 1040 m<sup>3</sup>/detik.



Sumber : Proyek Brantas, Malang

Tabel 2.4. Data Pengamatan Angkutan Suspended Load

Tgl.-Bulan-Tahun Pengamatan	Debit Air $Q_W$ ( $M^3/det$ )	Konsentrasi $C_s$ ( $Kg/m^3$ )	Debit Sedimen $Q_s$ (ton/hari)
5-10-1982	8,255	0,108	76,709
10-10-1982	5,571	0,440	211,787
19-10-1982	5,332	0,07	32,248
26-10-1982	3,911	0,061	20,613
2-11-1982	5,978	0,651	336,241
14-11-1982	0,918	0,101	8,011
21-11-1982	5,999	0,405	209,917
28-11-1982	11,245	0,405	343,485
7-12-1982	6,113	0,301	158,977
14-12-1982	1,391	0,274	32,930
21-12-1982	3,988	0,495	163,668
28-12-1982	14,742	0,936	1192,191
5-1-1983	10,045	1,411	1224,59
10-1-1983	41,8	1,305	4713,034
13-1-1983	21,017	1,713	3110,583
29-1-1983	15,293	1,953	2580,529
3-2-1983	49,956	1,671	7212,368
8-2-1983	28,048	1,705	4131,807
17-2-1983	15,027	1,832	2378,545
26-2-1983	20,735	1,611	2886,113
2-3-1983	20,711	1,433	2564,254
9-3-1983	41,651	0,927	3515,878
17-3-1983	73,6	1,025	6518,016
29-3-1983	50,37	1,133	4930,78
6-4-1983	16,5	0,127	181,051
13-4-1983	12,66	0,241	263,613
20-4-1983	9,006	0,907	705,753
27-4-1983	9,917	0,171	146,528

Tgl.-Bulan-Tahun Pengamatan	Debit Air $Q_w$ ( $m^3/det$ )	Konsentrasi $C_s$ ( $Kg/m^3$ )	Debit Sedimen $Q_s$ (ton/hari)
4-5-1983	14,233	0,116	142,489
11-5-1983	6,650	0,250	143,646
18-5-1983	35,606	0,047	3320,947
25-5-1983	8,907	0,084	64,643
4-6-1983	2,514	0,08	17,377
11-6-1983	5,936	0,037	18,976
15-6-1983	106,06	3,18	29140,197
22-6-1983	9,718	0,754	633,085
29-6-1983	6,174	0,218	158,963
2-7-1983	162,514	1,3	18253,572
6-7-1983	39,886	0,402	1385,352
15-7-1983	293,320	1,119	28358,649
20-7-1983	40,447	0,321	1121,773
27-7-1983	11,592	0,114	114,176
12-8-1983	34,128	0,984	2901,481
20-8-1983	14,54	0,229	287,683
24-8-1983	4,072	0,165	58,05
31-8-1983	2,278	0,044	8,660
7-9-1983	0,855	0,045	3,324
14-9-1983	0,259	0,122	2,203
21-9-1983	0,196	0,023	0,398
28-9-1983	51,693	0,093	415,372

Sumber : PROYEK BRANTAS, Malang.

Tabel 2.5. Data Pengamatan Angkutan Bed Load

No.	Tgl., Bulan, Tahun Pengamatan	Luas Penam- pang Basah A (m <sup>2</sup> )	Keliling Basah P (m <sup>2</sup> )	Kecepatan Aliran V (m/det)
1	4-6-1982	8,307	17,751	0,423
2	11-6-1982	12,961	13,445	0,458
3	15-6-1982	75,007	18,188	1,414
4	22-6-1982	16,527	13,796	0,588
5	6-7-1982	41,765	18,472	0,955
6	15-7-1982	127,325	21,066	1,994
7	20-7-1982	45,548	16,215	0,888
8	27-7-1982	18,459	13,984	0,628
9	12-8-1982	34,683	15,380	0,984
10	20-8-1982	23,043	14,402	0,631
11	31-8-1982	4,716	12,577	0,483
12	7-9-1982	2,143	12,245	0,399
13	14-9-1982	1,148	12,088	0,182
14	21-9-1982	1,139	12,123	0,172
15	28-9-1982	49,186	16,478	1,051
16	5-10-1982	21,705	14,279	0,738
17	12-10-1982	10,591	13,206	0,526
18	19-10-1982	10,004	13,146	0,533
Lebar dasar		B = 12 m		
Kemiringan talud		z = 1,5		
Kemiringan dasar		I = 0,0006		
Massa jenis sediment		$\rho_s = 2601,5 \text{ Kg/m}^3$		
Massa jenis air		$\rho_w = 1000 \text{ Kg/m}^3$		
Tekanan relatif volume (porositas)		$\epsilon = 0,4$		

Sumber : Proyek Brantas, Malang.

B A B - III  
ANALISA HIDROLOGI

3.1. U m u m

Data-data curah hujan dari suatu stasiun pencatat hujan merupakan data-data curah hujan disuatu titik tertentu (point rainfall).

Agar dapat menggunakan data-data curah hujan tersebut dalam perhitungan yang mencakup seluruh daerah aliran sungai (DAS), maka ditentukan lebih dulu harga curah-hujan areal yang dianggap mewakili kondisi curah hujan di DAS tersebut.

Untuk menentukan harga curah hujan areal digunakan metode Poligon Thiessen.

Didalam metode ini, data-data curah hujan dari suatu stasiun pencatat hujan dianggap mewakili suatu luasan tertentu disekitar stasiun pencatat hujan tersebut.

Sehingga DAS dapat terbagi menjadi beberapa luasan sesuai dengan letak dan banyaknya stasiun pencatat hujan yang disebut sebagai luas pengaruh curah hujan.

Langkah-langkah untuk menentukan masing-masing luas pengaruh curah hujan pada DAS Parlt Raya (Gambar 3.1) adalah sebagai berikut :

- Menghubungkan titik - titik stasiun pencatat hujan, sehingga membentuk suatu poligon segitiga.
- Membuat sumbu-aumbu pada sisi-sisi poligon segitiga diatas, sehingga membentuk poligon-poligon baru yang dinamakan poligon Thiessen.



Luasan yang dibatasi oleh sisi-sisi poligon Thiessen-tersebut, merupakan luas pengaruh curah hujan.

Hasil perhitungan masing-masing luas pengaruh-curah hujan kedelapan stasiun pencatat hujan di DAS-Parit Raya adalah :

Stasiun pencatat hujan	Luas pengaruh curah hujan km <sup>2</sup>
Besuki	91,47
Kampak	126,30
Pule	73,02
Widoro	98,47
Jati	66,92
Tugu	107,43
Bagong	86,16
Bendungan	58,95
Total luas DAS Parit Raya	708,72 km <sup>2</sup>

### 3.2. Curah Hujan Areal.

Curah hujan areal pada dasarnya merupakan curah hujan rata-rata dari suatu DAS.

Dengan metode Poligon Thiessen, maka didapat harga - rata-rata timbang (Weighted Average) curah hujan dari beberapa stasiun pencatat hujan sesuai dengan luas pengaruhnya masing-masing.

Pada bagian ini dihitung dua macam curah hujan areal yakni curah hujan bulanan rata-rata yang dipakai untuk menghitung debit aliran dan curah hujan harian - maksimum tahunan yang dipakai untuk menghitung curah hujan harian maksimum rencana.



Rumus curah hujan areal dengan metode Thiessen adalah sebagai berikut :

$$R = \sum_{i=1}^n C_{Ti} \cdot R_i$$

dimana :

$R$  = curah hujan areal

$C_{Ti}$  = Koefisien Thiessen tiap-tiap stasiun pencatat hujan, yang merupakan perbandingan antara luas pengaruh curah hujan masing-masing stasiun pencatat hujan dengan total luas DAS Parit Raya, sehingga didapat :

Stasiun Pencatat hujan	$C_T$
Besuki	0,129
Kampak	0,178
Pule	0,103
Widoro	0,139
Jati	0,094
Tugu	0,152
Bagong	0,122
Bendungan	0,083

$R_i$  = data curah hujan tiap-tiap stasiun pencatat hujan

- untuk perhitungan curah hujan bulanan-rata-rata maka dipakai data curah hujan bulanan rata-rata selama periode pengamatan (Tabel 2.1)

- Untuk perhitungan curah hujan harian maksimum tahunan, maka dipakai data curah hujan harian maksimum tahunan (tabel 2.2)

Perhitungan :

Misal pada tahun 1970.

- Untuk curah hujan bulanan rata-rata

$$R_b = 0,129. 258,27 + 0,178. 317 + 0,103. 364,87 + \\ 0,139. 267,67 + 0,094. 307,53 + 0,152. 285,47 + \\ 0,122. 257,67 + 0,083. 268,6$$

$$R_b = 271,811 \text{ mm}$$

- untuk curah hujan harian maksimum tahunan :

$$R_{max} = 0,129. 157 + 0,178. 210 + 0,103. 92 + 0,139. 113 \\ + 0,094. 181 + 0,152. 72 + 0,122. 62 + 0,083. 135$$

$$R_{max} = 129,646 \text{ mm}$$

Untuk selanjutnya hasil perhitungan disajikan pada tabel 3.1 dan tabel 3.2.

### 3.3. Curah Hujan Harian Maksimum Rencana.

Curah hujan harian maksimum rencana dihitung berdasarkan data hasil perhitungan curah hujan harian maksimum tahunan (tabel 3.2)

Untuk itu, perlu dilakukan pengujian terhadap data tersebut, dengan tujuan untuk mengetahui kecocokan antara distribusi data yang ada dengan distribusi teoritis yang dipilih, dalam hal ini adalah distribusi teoritis Gumbel.

Table 3.1. Hasil perhitungan curah hujan rata-rata selama 15 tahun pengamatan (1970 - 1984)

Stasiun	A = 91,47 Km <sup>2</sup> C <sub>u</sub> = 0,129	Stasiun	A = 126,30 Km <sup>2</sup> C <sub>u</sub> = 0,178	Stasiun	A = 73,02 Km <sup>2</sup> C <sub>u</sub> = 0,103	Stasiun	A = 98,47 Km <sup>2</sup> C <sub>u</sub> = 0,139	Stasiun	A = 66,92 Km <sup>2</sup> C <sub>u</sub> = 0,094	Stasiun	A = 107,43 Km <sup>2</sup> C <sub>u</sub> = 0,152	Stasiun	A = 86,16 Km <sup>2</sup> C <sub>u</sub> = 0,122	Stasiun	A = 58,95 Km <sup>2</sup> C <sub>u</sub> = 0,083	R <sub>p</sub>
JAN	258,27	33,317	317	56,426	364,87	37,502	276,67	38,457	307,53	225,47	43,391	257,67	31,436	268,6	22,294	271,811
FEB	221,13	28,526	314,33	55,931	311,47	32,081	239,53	33,295	282,8	26,583	239,07	277,8	33,692	321,3	26,709	282,496
MARCH	227,6	29,360	312,2	55,572	312,6	32,198	230,6	32,053	274,67	25,819	235	36,76	244,4	29,817	24,009	267,588
APRIL	127,87	16,495	198,6	35,351	206,33	21,252	134,6	18,709	163,4	15,360	176,93	154,87	18,894	289,67	24,043	176,997
MAY	207,4	26,755	190,67	33,939	203,67	20,978	156,33	21,730	159,57	14,996	176,53	26,833	168,87	20,602	215,47	183,717
JUNE	72,4	9,340	158,9	28,266	97,67	10,060	54,2	7,534	75,4	7,008	68,67	10,438	81	9,882	147,8	94,875
JULY	67,27	8,678	148,27	26,392	94,33	9,716	69,13	9,609	61,73	5,803	60,93	9,261	51,07	6,231	78,87	82,236
AUG	62	7,598	60,27	12,152	37,73	3,886	38,07	5,232	26,07	2,451	19,6	2,979	26,33	3,212	26,33	2,185
SEPT.	142,27	18,353	157,33	28,005	96,07	9,895	99,2	13,789	91,87	8,636	81,4	12,373	102,13	12,460	10,397	113,908
OCT.	202,73	26,152	211,67	37,677	128,07	13,191	115,6	16,069	127,87	12,020	112,6	17,115	110,07	13,429	14,801	150,454
NOV.	212,87	27,460	202,47	36,040	222,07	22,873	143,47	19,912	159,07	14,953	180,53	27,441	149,27	18,211	277,33	189,938
DES.	215,27	27,770	202,47	36,040	222,07	22,873	143,47	19,912	159,07	14,953	180,53	27,441	149,27	18,211	277,33	218,648





Untuk membuktikan bahwa distribusi data tersebut memenuhi syarat kecocokan, maka dipakai cara Smirnov - Kolmogorov, yang dinyatakan dengan persamaan :

$$P \left\{ \text{Maks} / P(x) - P(x_1) \right\} \leq \Delta C_r \quad *)$$

Yang berarti pada selang kepercayaan tertentu, perbedaan antara distribusi empiris dengan distribusi teoritis ( $\Delta$ ), masih akan diterima jika perbedaan tersebut lebih kecil atau sama dengan penyimpangan kritis yang dapat dilihat pada tabel 3.3.

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut :

- a. Data-data hasil perhitungan curah hujan harian maksimum tahunan di plot pada kertas probability-Gumbel.
- b. Menarik garis lurus yang dianggap paling mewakili distribusi data tersebut.
- c. Mencari simpangan terbesar antara distribusi empiria (a) dengan distribusi teoritis (b).
- d. Membandingkan simpangan terbesar dengan simpangan kritis.

Jika diambil selang kepercayaan 95 %, maka

untuk  $n = 15$ , didapat  $\Delta C_r = 34 \%$

Dari gambar 3.2 didapat  $\Delta \text{ maksimum} = 6,5 \% < \Delta C_r$

Jadi data tersebut memenuhi persyaratan dan perhitungan curah hujan harian maksimum rencana dapat dilakukan dengan memakai metoda Gumbel, dengan rumus :

---

\*) Sumber : " Mengenal Hidrologi Terapan ", Sri Harto Br, Ir, Dip.H

$$R_{tr} = \bar{R}_{max} + K \cdot S_r$$

dimana :

$R_{tr}$  = curah hujan harian maksimum rencana dengan periode ulang  $t_r$  tahun (mm).

$t_r$  = periode ulang (tahun)

$\bar{R}_{max}$  = curah hujan harian maksimum tahunan rata-rata selama periode tahun pengamatan (mm)

$S_r$  = deviasi standard seri data (mm), yang dihitung dengan rumus :

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (R_{max\ i} - \bar{R}_{max})^2}{N - 1}}$$

$N$  = jumlah seri data

$K$  = faktor koreksi, yang dihitung dengan rumus :

$$K = \frac{Y_{tr} - Y_n}{S_n} ; Y_{tr} = -\ln \ln \left( \frac{t_r}{t_r - 1} \right)$$

$Y_n$  dan  $S_n$  adalah fungsi dari jumlah seri data, yang diambil dari tabel 3.4 a dan 3.4 b

Perhitungan :

Dari hasil perhitungan curah hujan harian maksimum tahunan (tabel 3.2), maka :

$N = 15$  , dari tabel 3.4a diperoleh  $Y_n = 0,5128$

dari tabel 3.4b diperoleh  $S_n = 1,0206$

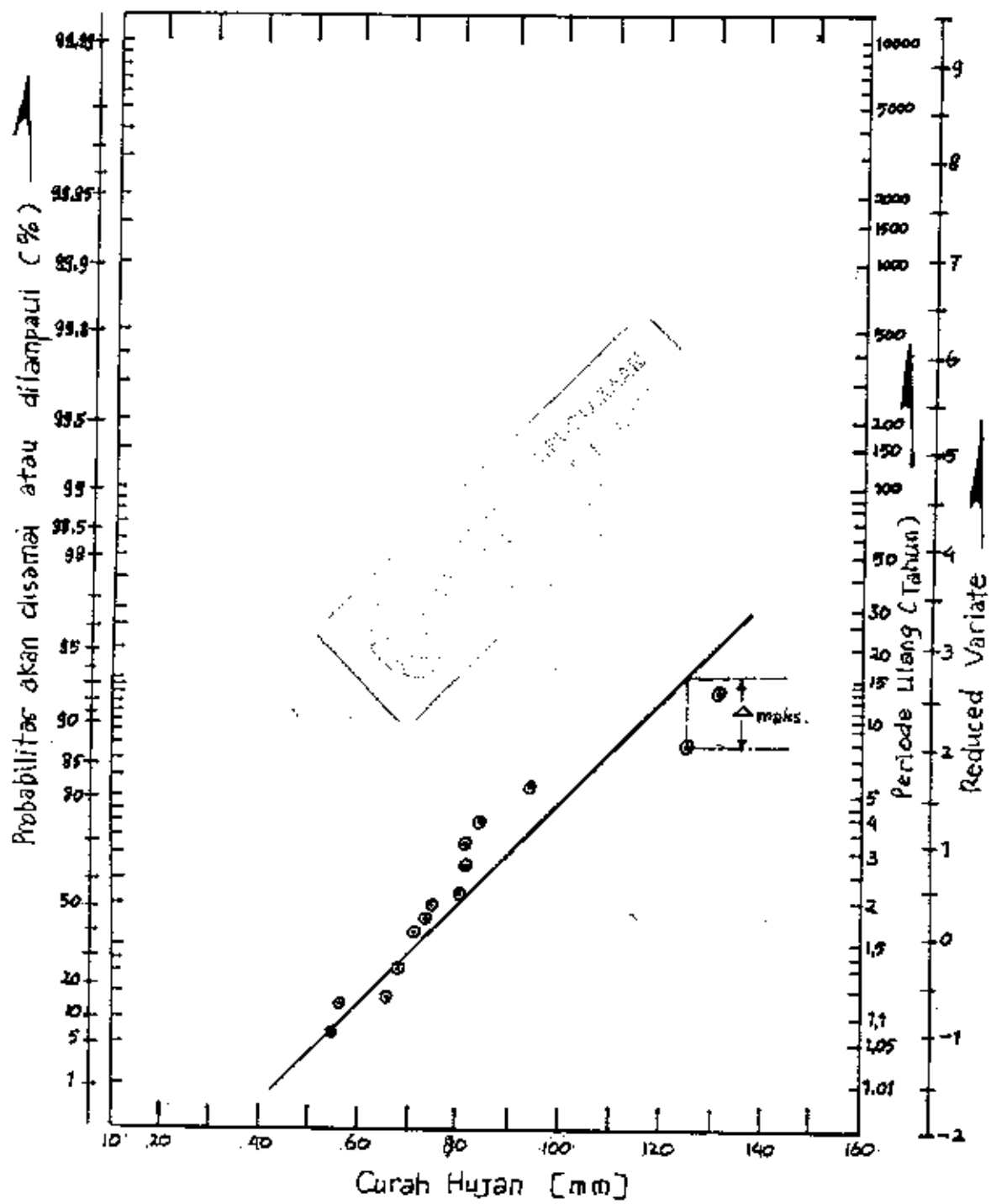
$$\bar{R}_{max} = 81,444 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^N (R_{\max i} - \bar{R}_{\max})^2 &= (129,646 - 81,444)^2 + (79,990 - 81,444)^2 + (68,341 - 81,444)^2 + (80,560 - 81,444)^2 + \\
&+ (95,826 - 81,444)^2 + (65,137 - 81,444)^2 + (72,281 - 81,444)^2 + (56,733 - 81,444)^2 + (86,664 - 81,444)^2 + \\
&+ (74,596 - 81,444)^2 + (55,233 - 81,444)^2 + (125,758 - 81,444)^2 + (83,202 - 81,444)^2 + (69,423 - 81,444)^2 + \\
&+ (82,267 - 81,444)^2 \\
&= 6566,359 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$S_r = \sqrt{\frac{6566,359}{15 - 1}} = 21,657 \text{ mm}$$

Sehingga curah hujan maksimum rencana untuk periode ulang tertentu dapat dihitung sebagai berikut :

$t_r$	$Y_{tr}$	K	$R_{tr} \text{ (mm)}$
2	0,3665	-0,1433	78,340
5	1,4449	0,9672	102,369
10	2,2502	1,7023	118,311
20	2,9606	2,3984	133,386
25	3,1985	2,6315	138,434
50	3,9019	3,3207	153,360
100	4,6001	4,0048	168,176



Gambar 3.2. Grafik Distribusi Gumbel



Tabel 3.3. Harga  $\Delta Cr$  dari Smirnov-Kolmogorov.<sup>\*)</sup>

$\alpha/n$	0.20	0.10	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.42	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
$n > 50$	1.07	1.22	1.36	1.63
	$\sqrt{n}$	$\sqrt{n}$	$\sqrt{n}$	$\sqrt{n}$

Tabel.3.4.a. Harga Reduced Mean ( $Y_n$ )<sup>\*\*</sup>

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5265	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5395	0.5400	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5468	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5503	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel. 3.4.b. Harga Reduced Standard Deviation ( $S_n$ )<sup>\*\*</sup>

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0205	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1093
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.148	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.159
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1695	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.177	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.189	1.1896	1.1906	1.1915	1.1923	1.193
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.198	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2044	1.2049	1.2055	1.206
100	1.2065	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\*) . Sumber : " Statistical in Hydrology " Shalin, MMA

\*\*) . Sumber : " Banjir Rencana Untuk Bangunan Air ", Joerson Loebis, Ir, M Eng

### 3.4. Curah Hujan Harian Efektif.

Yang dimaksud sebagai curah hujan harian efektif disini adalah bagian dari curah hujan harian maksimum rencana yang menghasilkan limpasan langsung yang terdiri dari limpasan permukaan dan limpasan bawah permukaan.

Limpasan bawah permukaan merupakan aliran air yang masuk kedalam lapisan tipis di bawah permukaan tanah yang permeabilitasnya rendah dan keluar lagi dipermukaan tanah yang lebih rendah sebagai limpasan permukaan.

Dengan menganggap bahwa aliran air hujan menjadi limpasan langsung merupakan proses linier yang tidak berubah terhadap waktu, maka curah hujan harian efektif dirumuskan sebagai berikut :

$$R_e = C \cdot R_{tr}$$

dimana ,

$R_e$  = curah hujan harian efektif (mm)

$C$  = koefisien pengaliran

$R_{tr}$  = curah hujan harian maksimum rencana (mm)

Koefisien pengaliran merupakan suatu variabel yang tergantung pada kondisi DAS dan karakteristik hujan yang jatuh di DAS tersebut.

Faktor-faktor kondisi DAS antara lain :

- luas dan bentuk DAS
- kemiringan DAS dan kemiringan dasar sungai
- daya perkolasi dan infiltrasi tanah
- evaporasi, angin dan suhu udara

- Daya tampung palung sungai dan daerah sekitarnya.

Sehubungan dengan faktor-faktor diatas maka -  
harga koefisien pengaliran adalah sebagai berikut :

Kondisi DAS	C
Daerah pegunungan berlereng terjal	0,75 - 0,9
Daerah perbukitan	0,7 - 0,8
Daerah bergelombang dan bersemak - semak	0,5 - 0,75
Daerah dataran yang digarap	0,45 - 0,60
Daerah persawahan irigasi	0,75 - 0,85
Sungai di daerah pegunungan	0,75 - 0,85
Sungai kecil didaerah dataran	0,45 - 0,75

Sedangkan data limpasan sehubungan dengan hujan yang jatuh di DAS Parit Raya tidak tercatat, sehingga faktor karakteristik hujan yang jatuh di DAS tersebut - tidak dipertimbangkan.

Oleh karena itu harga koefisien pengaliran di DAS Parit Raya diambil dari pertimbangan kondisi DAS-nya - saja.

Karena DAS Parit Raya sebagian besar bersemak dan bergelombang, maka Proyek Brantas mengambil harga koefisien pengaliran sebesar 0,64.

Sehingga curah hujan efektif dapat dihitung dengan - perumusan diatas, seperti ditunjukkan dibawah ini.

$t_r$ (tahun)	$R_{tr}$ (mm)	C	$R_e$ (mm)
2	78,340	0,64	50,138
5	102,369	0,64	65,516
10	116,311	0,64	75,719
20	133,386	0,64	85,367
25	138,434	0,64	88,598
50	153,360	0,64	98,150
100	168,176	0,64	107,633

### 3.5. Pola Distribusi Curah Hujan Harian Efektif.

Pada stasiun-stasiun pencatat hujan di DAS Parit Raya tidak tercatat lama setiap kejadian hujan (durasi-hujan) secara detail.

Berdasarkan pengalaman dari proyek Brantas, maka durasi hujan rata-rata di DAS Kali Brantas dianggap selama 5 - jam. Oleh karena itu, selanjutnya pola distribusi curah hujan ditaksir dengan anggapan bahwa durasi hujan ada - lah selama 5 jam.

Metode yang digunakan untuk menaksir pola distri busi curah hujan harian adalah perumusan Dr. Mononobe, - yaitu :

- Curah hujan rata-rata sampai jam ke  $t$  :

$$\bar{R}_t = \frac{R_{24}}{t_d} \left( \frac{t_d}{t} \right)^{2/3}$$

- Curah hujan pada jam ke  $t$  :

$$R_t = \bar{R}_t(t) - \bar{R}_{t-1}(t-1)$$

dimana :  $R_t$  = curah hujan rata-rata sampai jam ke  $t$   
(mm).

$R_{24}$  =  $R_e$  = curah hujan harian efektif (mm)

$R_t$  = curah hujan pada jam ke  $t$  (mm)

$t_d$  = durasi hujan = 5 jam

sehingga, perumusan curah hujan pada jam ke  $t$  dapat -  
ditulis sebagai berikut :

$$R_t = \frac{R_e}{5} \left\{ \left( \frac{5}{t} \right)^{2/3} (t) - \left( \frac{5}{t-1} \right)^{2/3} (t-1) \right\}$$

dimana faktor ,  $\frac{1}{5} \left\{ \left( \frac{5}{t} \right)^{2/3} (t) - \left( \frac{5}{t-1} \right)^{2/3} (t-1) \right\}$

merupakan faktor distribusi curah hujan harian.

Perhitungan :

Misal untuk periode ulang  $t_r = 2$  tahun

$$R_e = 50,138 \text{ mm}$$

pada jam ke  $t = 2$  jam

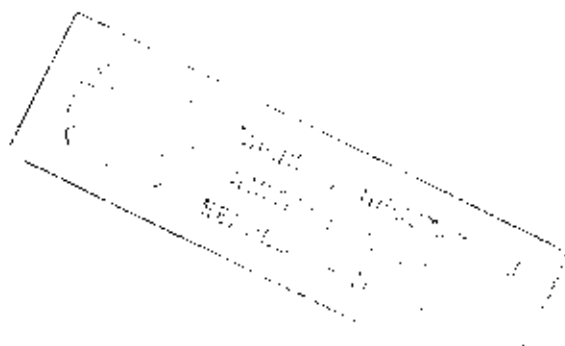
$$\begin{aligned} \text{Faktor distribusi} &= \frac{1}{5} \left\{ \left( \frac{5}{2} \right)^{2/3} (2) - \left( \frac{5}{2-1} \right)^{2/3} (2-1) \right\} \\ &= 0,16 \end{aligned}$$

sehingga,  $R_t = 0,16 \cdot 50,138 = 8,022 \text{ mm}$

Untuk selanjutnya hasil perhitungan pola distribusi-  
curah hujan harian ditunjukkan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5. Hasil Perhitungan Pola Distribusi Curah Hujan Harian Efektif

Periode Ulang (tahun)	2	5	10	20	25	50	100
Curah Hujan Harian Rencana (mm)	78,34	102,309	118,311	133,386	138,434	153,360	168,176
Koefisien Pengaliran	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Curah Hujan Harian Efektif	50,138	65,516	75,719	85,367	88,598	98,150	107,633
Jam ke	Faktor Distribusi	Pola Distribusi Curah Hujan Harian Efektif (mm)					
0 - 1	0,58	29,080	37,999	43,917	49,513	51,387	56,927
1 - 2	0,16	8,022	10,483	12,115	13,659	14,176	15,704
2 - 3	0,10	5,014	6,552	7,572	8,537	8,860	9,815
3 - 4	0,08	4,011	5,241	6,058	6,829	7,088	7,852
4 - 5	0,08	4,011	5,241	6,058	6,829	7,088	7,852



### 3.6. Debit Banjir Rencana.

Debit banjir rencana merupakan debit banjir maksimum yang diperkirakan terjadi pada suatu periode ulang tertentu dan pada studi ini digunakan untuk mengontrol kapasitas tampungan Parit Raya.

Dalam menghitung debit banjir rencana digunakan metode hidrograf satuan Nakayatsu.

#### A. Hidrograf satuan Nakayatsu.

Besarnya debit banjir puncak yang disebabkan oleh satu-satuan curah hujan spesifik yang dinyatakan dengan rumus :

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \cdot \frac{A \cdot R_o}{(0,3 T_p + T_{0,3})} \quad *)$$

dimana,  $Q_p$  = debit banjir puncak ( $m^3/det$ )

$R_o$  = curah hujan spesifik (mm)

$A$  = luas DAS yang ditinjau ( $km^2$ )

$T_p$  = waktu dari permulaan banjir sampai dengan saat banjir puncak (jam)

$T_{0,3}$  = waktu dari saat banjir puncak sampai dengan saat 0,3 dari banjir puncak (jam)

Untuk mendapatkan  $T_p$  dan  $T_{0,3}$  digunakan rumus :

$$T_p = T_g + 0,8 \cdot T_r$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g$$

dimana ;

$T_g$  = time lag, yaitu waktu antara awal hujan sampai dengan saat banjir puncak (jam)

$$T_r = 0,5 T_g \text{ sampai } T_g$$

\*) . Sumber : "Banjir Rencana Untuk Bangunan Air", Joerg son Loebis, Ir, M.Eng.

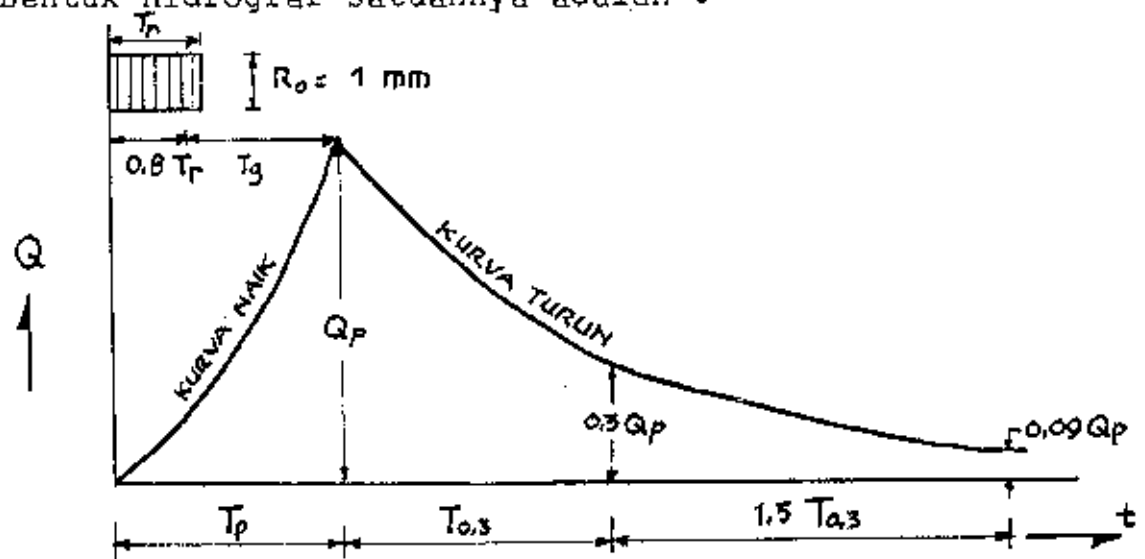
$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,70} \quad , \quad \text{untuk } L \leq 15 \text{ km}$$

$$T_g = 0,40 + 0,058 L \quad , \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km}$$

$L$  = panjang sungai yang ditinjau

$$\alpha = 1,5 - 3,5 \quad ; \quad \text{disini diambil } = 3,0$$

Bentuk hidrograf satuannya adalah :



Persamaan kurva hidrograf diatas adalah sebagai berikut :

Pada kurva naik : - untuk  $0 < t < T_p$

$$\frac{Q}{Q_p} = \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

Pada kurva turun : - untuk  $T_p < t < (T_p + T_{0,3})$

$$\frac{Q}{Q_p} = 0,3^x \quad ; \quad \text{dengan } x = \left( \frac{t - T_p}{T_{0,3}} \right)$$

- Untuk  $(T_p + T_{0,3}) < t < (T_p + 2,5T_{0,3})$

$$\frac{Q}{Q_p} = 0,3^y \quad ; \quad \text{dengan } y = \left( \frac{t - T_p + 0,5T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}} \right)$$



- untuk  $t > (T_p + 2,5 T_{0,3})$

$$\frac{Q}{Q_p} = 0,3^z ; \text{ dengan } z = \left( \frac{t - T_p + 1,5 T_{0,3}}{2 T_{0,3}} \right)$$

Perhitungan :  $A = 708,72 \text{ km}^2$

$$R_o = 1 \text{ mm}$$

$$L = 15,5 \text{ km}$$

$$T_g = 0,4 + 0,058 \cdot 15,5 = 1,3 \text{ jam}, T_r = 1 \text{ jam}$$

$$T_p = 1,3 + 0,8 \cdot 1 = 2,1 \text{ jam}$$

$$T_{0,3} = 3 \cdot 1,3 = 3,9 \text{ jam}$$

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \cdot \frac{708,72 \cdot 1}{(0,3 \cdot 2,1 + 3,9)} = 43,457 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Untuk perhitungan hidrograf satuan selanjutnya, ditunjukkan pada tabel 3.6.

#### B. Hidrograf Banjir Rencana.

Debit banjir rencana merupakan debit banjir yang disebabkan oleh curah hujan efektif pada suatu periode ulang tertentu.

Sehingga hidrograf banjir rencana dapat diperoleh dengan cara menjumlahkan hasil perkalian antara hidrograf satuan dengan curah hujan harian efektif sesuai dengan pola distribusinya.

Hasil perhitungan hidrograf banjir rencana untuk masing-masing periode ulang, ditunjukkan pada tabel 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13.

Tabel 3.6. Hasil Perhitungan Hidrograf Satuan Nakayatsu

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /det)	t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /det)
Pada Kurva naik $t < T_p$		Pada kurva turun $t > T_p + 2,5 T_{0,3}$	
0	0	12	3,822
1	7,324	13	3,275
2	38,655	14	2,807
2,1	43,457	15	2,405
Pada kurva turun $T_p < t < (T_p + T_{0,3})$		16	2,061
3	32,915	17	1,766
4	24,173	18	1,514
5	17,752	19	1,297
6	13,037	20	1,112
Pada kurva turun $(T_p + T_{0,3}) < t < T_p + 2,5 T_{0,3}$		21	0,1953
7	10,612	22	0,816
8	8,638	23	0,70
9	7,031	24	0,60
10	5,723		
11	4,659		
11,85	3,911		

Tabel 3.7. PERHITUNGAN DEBIT BANJIR RENCANA 2 TAHUN

Jam Ke	Debit Satuan ( $\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$ )	Debit Banjir ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) akibat Curah Hujan Efektif (mm) Jam ke					Debit Banjir Rencana ( $\text{m}^3/\text{det}$ )
		0-1 = 29,08	1-2 = 8,022	2-3 = 5,014	3-4 = 4,011	4-5 = 4,011	
1	7,324	212,982	0	0	0	0	212,982
2	78,655	1124,087	310,090	0	0	0	1430,177
3	32,915	957,168	264,044	165,036	0	0	1386,248
4	24,173	702,951	193,916	121,203	96,958	0	1115,028
5	17,752	516,228	142,407	89,009	71,203	71,203	890,050
6	13,037	379,116	104,583	65,368	52,291	52,291	653,649
7	10,612	308,597	85,129	53,209	42,565	42,565	532,065
8	8,638	251,193	69,294	43,311	34,647	34,647	433,092
9	7,031	204,461	56,403	35,203	28,201	28,201	352,519
10	5,723	166,425	45,910	28,695	22,955	22,955	286,940
11	4,659	135,484	37,374	23,360	18,687	18,687	233,592
12	3,822	111,144	30,660	19,164	15,330	15,330	191,628
13	3,275	95,237	26,272	16,421	13,136	13,136	164,202
14	2,807	81,628	22,518	14,074	11,259	11,259	140,738
15	2,405	69,937	19,293	12,059	9,646	9,646	120,581
16	2,061	59,934	16,533	10,334	8,267	8,267	103,335
17	1,766	51,355	14,167	8,855	7,083	7,083	88,543
18	1,514	44,027	12,145	7,591	6,073	6,073	75,909
19	1,297	37,717	10,405	6,503	5,202	5,202	65,029
20	1,112	32,340	8,920	5,576	4,460	4,460	55,756
21	0,957	27,713	7,645	4,778	3,822	3,822	47,780
22	0,816	23,729	6,546	4,091	3,273	3,273	40,912
23	0,700	20,356	5,615	3,510	2,808	2,808	35,097
24	0,600	17,448	4,813	3,008	2,407	2,407	30,083

Tabel 3.8. PERHITUNGAN DEBIT BANJIR RENCANA 5 TAHUN

Jam Ke	Debit Satuan ( $\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$ )	Debit Banjir ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) akibat Curah Hujan Efektif (mm) Jam ke					Debit Banjir Rencana ( $\text{m}^3/\text{det}$ )
		0-1 = 37,999	1-2 = 10,483	2-3 = 6,552	3-4 = 5,241	4-5 = 5,241	
1	7,324	278,305	0	0	0	0	278,305
2	38,655	1468,851	405,220	0	0	0	1874,071
3	32,915	1250,737	337,500	215,659	0	0	1803,896
4	24,713	918,550	253,406	158,381	126,691	0	1457,028
5	17,752	674,558	186,094	116,311	93,038	93,038	1163,039
6	13,037	495,293	136,667	85,418	68,327	68,327	854,132
7	10,612	403,245	111,246	69,530	55,617	55,617	695,255
8	8,638	328,235	90,552	56,596	45,272	45,272	565,927
9	7,031	267,171	73,706	46,067	36,849	36,849	460,642
10	5,723	217,468	59,994	37,497	29,994	29,994	374,947
11	4,659	177,037	48,840	30,526	24,418	24,418	305,239
12	3,822	145,232	40,066	25,042	20,031	20,031	250,239
13	3,275	124,447	34,332	21,458	17,164	17,164	214,565
14	2,807	106,663	29,426	18,391	14,711	14,711	183,902
15	2,405	91,388	25,213	15,758	12,605	12,605	157,568
16	2,061	78,316	21,605	13,504	10,812	10,812	135,049
17	1,766	67,106	18,513	11,571	9,256	9,256	115,702
18	1,514	57,530	15,871	9,920	7,935	7,935	99,191
19	1,297	49,285	13,596	8,498	6,798	6,798	84,975
20	1,112	42,255	11,657	7,286	5,828	5,828	72,854
21	0,953	36,213	9,990	6,244	4,995	4,995	62,437
22	0,816	31,007	8,554	5,346	4,277	4,277	53,461
23	0,700	26,599	7,338	4,586	3,669	3,669	45,861
24	0,600	22,799	6,290	3,931	3,145	3,145	39,310

Tabel 3.9. PERHITUNGAN DEBIT BANJIR RENCANA 10 TAHUN

Jam Ke	Debit Satuan (m <sup>3</sup> /det/mm)	Debit Banjir (m <sup>3</sup> /det) akibat Curah Hujan Efektif (mm) Jam ke					Debit Banjir Rencana (m <sup>3</sup> /det)
		0-1 =43,917	1-2 =12,115	2-3 =7,572	3-4 =6,058	4-5 =6,058	
1	7,324	321,648	0	0	0	0	321,648
2	38,655	1697,612	468,305	0	0	0	2165,917
3	32,915	1445,528	398,765	249,232	0	0	2093,525
4	24,173	1061,606	292,856	183,038	146,440	0	1683,940
5	17,752	779,615	215,065	134,418	107,542	107,542	1344,182
6	13,037	572,546	157,943	98,716	78,978	78,978	987,161
7	10,612	466,047	128,564	80,354	64,287	64,287	803,539
8	8,638	379,355	104,649	65,407	52,329	52,329	654,069
9	7,031	308,780	85,181	53,239	42,594	42,594	532,388
10	5,723	251,337	69,334	43,335	34,670	34,670	433,346
11	4,659	204,609	56,444	35,278	28,224	28,224	352,779
12	3,822	167,851	46,304	28,940	23,154	23,154	289,403
13	3,275	143,828	39,677	24,798	19,840	19,840	247,983
14	2,807	123,275	34,007	21,255	17,005	17,005	212,547
15	2,405	105,620	29,137	18,211	14,569	14,569	182,106
16	2,061	90,513	24,969	15,606	12,486	12,486	156,060
17	1,766	77,557	21,395	13,372	10,698	10,698	133,720
18	1,514	66,490	18,342	11,464	9,172	9,172	114,640
19	1,297	56,960	15,713	9,821	7,857	7,857	98,208
20	1,112	48,836	13,472	8,420	6,736	6,736	84,200
21	0,953	41,853	11,546	7,216	5,634	5,634	71,883
22	0,816	35,836	9,886	6,179	4,943	4,943	61,787
23	0,700	8,481	5,300	5,300	4,241	4,241	53,005
24	0,600	26,350	7,269	4,543	3,635	3,635	45,432

Tabel 3.10. PERHITUNGAN DEBIT BANJIR RENCANA 20 TAHUN

Jam Ke	Debit Satuan ( $\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$ )	Debit Banjir ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) akibat Curah Hujan Efektif (mm) Jam ke					Debit Banjir Rencana ( $\text{m}^3/\text{det}$ )
		0—1 =49,513	1—2 =13,659	2—3 =8,537	3—4 =6,829	4—5 =6,829	
1	7,324	362,633	0	0	0	0	362,633
2	38,655	1913,925	527,989	0	0	0	2441,914
3	32,915	1629,720	449,586	280,995	0	0	2360,301
4	24,173	1196,878	330,179	206,365	165,077	0	1898,499
5	17,752	878,955	242,475	151,549	121,228	121,228	1515,435
6	13,037	645,501	178,072	111,297	89,030	89,030	1112,930
7	10,612	525,432	144,949	90,595	72,469	72,469	905,914
8	8,638	427,693	117,986	73,743	58,989	58,989	737,400
9	7,031	348,126	96,036	60,024	48,015	48,015	600,216
10	5,723	283,363	78,170	48,857	39,082	39,082	488,554
11	4,659	230,681	63,637	39,774	31,816	31,816	397,724
12	3,822	189,239	52,205	32,628	26,100	26,100	326,272
13	3,275	162,155	44,733	27,959	22,365	22,365	279,577
14	2,807	138,983	38,341	23,963	19,169	19,169	239,625
15	2,405	119,079	32,850	20,531	16,424	16,424	205,308
16	2,061	102,046	28,151	17,595	14,075	14,075	175,942
17	1,766	87,440	24,122	15,076	12,060	12,060	150,758
18	1,514	74,963	20,680	12,925	10,339	10,339	129,246
19	1,297	64,218	17,716	11,072	8,857	8,857	110,720
20	1,112	55,058	15,189	9,493	7,594	7,594	94,928
21	0,953	47,859	13,017	8,136	6,508	6,508	82,028
22	0,816	40,403	11,146	6,966	5,572	5,572	69,659
23	0,700	34,659	9,561	5,976	4,780	4,780	59,756
24	0,600	29,708	8,195	5,122	4,097	4,097	51,219

Tabel 3.11. PERHITUNGAN DEBIT BANJIR RENCANA 25 TAHUN

Jam Ke	Debit Satuan ( $\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$ )	Debit Banjir ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) akibat Curah Hujan Efektif (mm) Jam ke					Debit Banjir Rencana ( $\text{m}^3/\text{det}$ )
		0-1 =51,387	1-2 =14,176	2-3 =8,860	3-4 =7,088	4-5 =7,088	
1	7,324	376,358	0	0	0	0	376,358
2	38,655	1986,364	547,973	0	0	0	2534,337
3	32,915	1691,403	466,603	291,627	0	0	2449,633
4	24,173	1242,178	342,676	214,173	171,338	0	1970,365
5	17,752	912,222	251,652	157,283	125,826	125,826	1572,809
6	13,037	669,932	184,813	115,508	92,406	92,406	1155,065
7	10,612	545,319	150,436	94,022	75,218	75,218	940,213
8	8,638	443,881	122,452	76,533	61,226	61,226	765,318
9	7,031	361,302	99,671	62,295	49,836	49,836	622,940
10	5,723	294,088	81,129	50,706	40,565	40,565	507,053
11	4,659	239,412	66,046	41,279	33,023	33,023	412,783
12	3,822	196,401	54,181	33,863	27,090	27,090	338,625
13	3,275	168,292	46,426	29,017	23,213	23,213	290,161
14	2,807	144,243	39,792	24,870	19,896	19,896	248,697
15	2,405	123,586	34,093	21,038	17,047	17,047	213,081
16	2,061	105,909	29,217	18,260	14,608	14,608	182,602
17	1,766	90,749	25,035	15,647	12,517	12,517	156,465
18	1,514	77,800	21,462	13,414	10,731	10,731	134,138
19	1,297	66,649	18,386	11,491	9,193	9,193	114,912
20	1,112	57,142	15,764	9,852	7,882	7,882	98,522
21	0,953	48,972	13,510	8,444	6,755	6,755	84,436
22	0,816	41,932	11,568	7,230	5,784	5,784	72,298
23	0,700	35,971	9,923	6,202	4,962	4,962	62,020
24	0,600	30,832	8,506	5,316	4,253	4,253	53,160

Tabel 3.12. PERHITUNGAN DEBIT BANJIR RENCANA 50 TAHUN

Jam Ke	Debit Satuan ( $\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$ )	Debit Banjir ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) akibat Curah Hujan Efektif (mm) Jam ke					Debit Banjir Rencana ( $\text{m}^3/\text{det}$ )
		0-1 =56,927	1-2 =15,704	2-3 =9,815	3-4 =7,852	4-5 =7,852	
1	7,324	416,933	0	0	0	0	416,933
2	38,655	2200,513	607,038	0	0	0	2807,551
3	32,915	1873,752	516,897	323,061	0	0	2713,710
4	24,173	1376,096	379,613	237,258	189,806	0	2182,773
5	17,752	1010,568	278,277	174,236	139,389	139,389	1742,359
6	13,037	742,157	204,733	127,958	102,367	102,367	1279,582
7	10,612	604,109	166,651	104,157	83,325	83,325	1041,567
8	8,638	491,735	135,651	84,782	67,826	67,826	847,820
9	7,031	400,254	110,415	69,009	55,207	55,207	689,732
10	5,723	325,793	89,874	56,171	44,937	44,937	561,712
11	4,659	265,223	73,649	45,728	36,582	36,582	457,764
12	3,822	217,575	60,021	37,513	30,010	30,010	375,129
13	3,275	186,436	51,431	32,144	25,715	25,715	321,441
14	2,807	159,794	44,081	27,551	22,041	22,041	275,508
15	2,405	136,909	37,768	23,605	18,884	18,884	236,050
16	2,061	117,327	32,366	20,229	16,183	16,183	202,288
17	1,766	100,533	27,733	17,333	13,867	13,867	173,333
18	1,514	86,187	23,776	14,860	11,888	11,888	148,599
19	1,297	73,834	20,368	12,730	10,184	10,184	127,300
20	1,112	63,303	17,463	10,914	8,731	8,731	109,142
21	0,953	54,251	14,966	9,354	7,483	7,483	93,537
22	0,816	46,452	12,814	8,009	6,407	6,407	80,089
23	0,700	39,849	10,993	6,871	5,496	5,496	68,705
24	0,600	34,156	9,422	5,889	4,711	4,711	58,889



Tabel 3.13. PERHITUNGAN DEBIT BANJIR RENCANA 100 TAHUN

Jam Ke	Debit Satuan ( $\text{m}^3/\text{det}/\text{mm}$ )	Debit Banjir ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) akibat Curah Hujan Efektif (mm) Jam ke					Debit Banjir Rencana ( $\text{m}^3/\text{det}$ )
		0—1 =62,427	1—2 =17,221	2—3 =10,763	3—4 = 8,611	4—5 = 8,611	
1	7,324	457,215	0	0	0	0	457,215
2	38,655	2413,116	665,678	0	0	0	3078,794
3	32,915	2054,785	566,829	354,264	0	0	2975,878
4	24,173	1509,048	416,283	260,174	208,154	0	2393,659
5	17,752	1108,204	305,707	191,065	152,862	152,862	1910,700
6	13,037	813,861	224,510	140,317	112,262	112,262	1403,212
7	10,612	662,475	182,749	114,217	91,380	91,380	1142,201
8	8,638	539,244	148,755	92,971	74,382	74,382	929,734
9	7,031	438,924	121,081	75,675	60,544	60,544	756,768
10	5,723	357,270	98,556	61,597	49,281	49,281	615,985
11	4,659	290,847	80,233	50,145	40,119	40,119	501,463
12	3,822	238,596	65,819	41,136	32,911	32,911	411,373
13	3,275	204,448	56,399	35,249	28,201	28,201	352,498
14	2,807	175,233	48,399	30,212	24,171	24,171	302,126
15	2,405	150,137	41,417	25,885	20,709	20,709	258,857
16	2,061	128,662	35,492	22,183	17,747	17,747	221,831
17	1,766	110,246	30,412	19,007	15,207	15,207	190,079
18	1,514	94,514	26,073	16,295	13,037	13,037	162,956
19	1,297	80,968	22,336	13,960	11,168	11,168	139,600
20	1,112	69,419	19,150	11,968	9,575	9,575	119,687
21	0,953	59,493	16,412	10,257	8,206	8,206	102,574
22	0,816	50,940	14,052	8,783	7,027	7,027	87,829
23	0,700	43,699	12,055	7,534	6,028	6,028	75,344
24	0,600	37,456	10,333	6,458	5,167	5,167	64,581

### 3.7. Debit Harian.

Sesuai dengan kebutuhan dalam perhitungan angkutan sedimen, maka debit yang diperhitungkan adalah debit harian untuk setiap bulan tertentu.

Debit harian Parit Raya dihitung dengan rumus ratio - nal, sebagai berikut :

$$Q = 0,011574. c. I. A$$

dimana :

$Q$  = debit harian ( $m^3/det$ )

$c$  = koefisien pengaliran yang dijelaskan pada bagian 3.4 yaitu sebesar 0,64.

$A$  = luaa DAS Parit Raya yakni  $708,72 \text{ km}^2$

$I$  = Intensitas hujan ( $mm/hari$ ), yang dihitung dengan rumus :

$$I = \frac{R_b}{t} ; R_b = \text{curah hujan bulanan rata-rata (mm).}$$

$t$  = waktu selama satu bulan tertentu (hari)

Sehingga rumus tational di atas dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q = 0,011574. c. \frac{R_b}{t} . A$$

Perhitungan :

Dari hasil perhitungan curah hujan bulanan rata-rata pada tabel 3.1 maka untuk bulan Januari,

$$R_b = 271,811 \text{ mm}$$

$$t = 31 \text{ hari}$$

$$I = \frac{271,811}{31} = 8,768 \text{ mm/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, } Q &= 0,11574 \cdot 0,64 \cdot 8,768 \cdot 708,72 \\ &= 46,03 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan debit harian pada bulan-bulan yang lain disajikan pada tabel 3.14.

Tabel 3.14. Hasil Perhitungan Debit Harian Parit-Raya

Bulan	t (hari)	R <sub>b</sub> (mm)	I (mm/hari)	c	A (Km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /det)
JANUARI	31	271,811	8,768	0,64	708,72	46,029
FEBRUARI	28	282,496	10,089	0,64	708,72	52,964
MARET	31	267,588	8,631	0,64	708,72	45,314
APRIL	30	176,977	5,899	0,64	708,72	30,972
MEI	31	183,717	5,926	0,64	708,72	31,111
JUNI	30	94,875	3,162	0,64	708,72	16,602
JULI	31	82,236	2,652	0,64	708,72	13,926
AGUSTUS	31	40,155	1,295	0,64	708,72	6,800
SEPTEMBER	30	113,908	3,796	0,64	708,72	19,933
OKTOBER	31	150,454	4,853	0,64	708,72	25,478
NOPEMBER	30	189,938	6,331	0,64	708,72	33,237
DESEMBER	31	218,648	7,053	0,64	708,72	37,027

## B A B - IV

## ANALISA ANGKUTAN SEDIMEN

4.1. U m u m

Air hujan yang jatuh dan mengalir dipermukaan bumi sebagai limpasan yang berupa aliran air permukaan dapat menyebabkan terjadinya erosi tanah.

Kemudian air bersama dengan hasil erosi tersebut mengalir kedataran yang lebih rendah hingga sampai ke laut.

Aliran tersebut akan melalui sungai-sungai yang merupakan jalur-jalur aliran air dipermukaan bumi.

Erosi tanah ini dapat terjadi di permukaan tanah maupun di saluran-saluran sungai-sungai dan alur-alur alam yang lain. Akibatnya menjadi beban angkutan sediment pada aliran sungai.

Adanya aliran di sungai atau saluran akan menimbulkan gaya seretan yang bekerja searah aliran.

Gaya seretan merupakan faktor terjadinya erosi dan angkutan sedimen pada saluran tersebut.

Kenaikan kecepatan aliran akan meningkatkan gaya seretan dan pada suatu saat tertentu besarnya melebihi gaya seret ijin untuk saluran yang bersangkutan, pada keadaan ini proses erosi mulai terjadi.

Air akan mulai menggerus dasar dan tebing saluran yang hasilnya akan terangkut ke hilir.

Dengan menurunnya kecepatan aliran, sedimen yang terbawa ke hilir mulai mengendap di dasar sungai, di tempat yang jauh ke hilir dari lokasi penggerusan.

Faktor-faktor terpenting yang mempengaruhi erosi ialah resim curah hujan, tumbuh-tumbuhan yang menutupi tanah jenis tanah dan kemiringan tanah.

Karena peranan penting dari impact tetesan air hujan, maka tumbuh-tumbuhan memberikan perlindungan yang penting terhadap erosi, yaitu dengan menyerap energi jatuhnya air hujan dan biasanya mengurangi ukuran-ukuran dari butir-butir air hujan yang mencapai tanah.

Tumbuh-tumbuhan dapat juga memberikan perlindungan mekanis pada tanah terhadap erosi selokan. Lagi pula tumbuh-tumbuhan yang menyelimuti tanah dengan baik umumnya menambah kapasitas infiltrasi melalui penambahan bahan organik pada tanah.

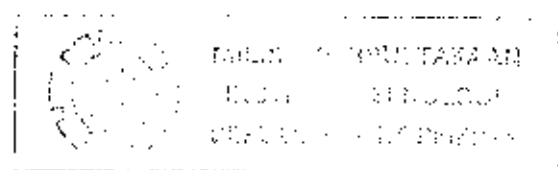
Kapasitas infiltrasi yang lebih tinggi berarti mengurangi aliran di atas tanah dan akibatnya memperkecil erosi.

Tanah kohesif akan menahan erosi percikan lebih mudah dari pada tanah lus.

Umumnya erosi percikan meningkat dengan bertambahnya fraksi pasir dalam tanah akibat hilangnya kohesi.

Erosi percikan berkurang dengan bertambahnya prosentase dari air agregat stabil.

Tanah yang butiran-butirannya tidak mempunyai tendensi untuk membentuk agregat akan bererosi lebih mudah dibandingkan dengan tanah yang mempunyai agregat berlimpah-limpah.



Tingkat erosi lebih besar pada slope yang curam dibanding pada slope yang datar. Lebih curam slopenya-lebih efektif erosi percikan yang terjadi dalam tanah-berlereng yang bergerak turun. Kecepatan pengaliran - permukaan tanah juga lebih besar pada slope yang curam dan gerakan-gerakan tanah lebih mungkin terjadi pada - daerah curam.

Panjang slope juga penting. Lebih pendek panjang slope nya, lebih cepat material yang tererosi mencapai anak-anak sungai, tapi hal ini diimbangi oleh kenyataan bahwa debit dan kecepatan aliran di atas tanah meningkat-dengan bertambahnya panjang.

Tata guna tanah juga merupakan suatu faktor penting - dalam menetapkan tingkat erosi.

Pengaturan tata tanah yang jelek, pembuatan jalan yang tidak hati-hati dapat sangat mempercepat erosi.

Pemusnahan tumbuh-tumbuhan karena kebakaran atau dipotong, juga dapat memperbesar bahaya erosi.

Pengaturan konservasi tanah yang baik dapat sangat memperkecil kehilangan-kehilangan akibat erosi.

Persamaan universal kehilangan tanah mencoba untuk menggabungkan semua faktor-faktor ini, namun sukar untuk mengungkapkan resim curah hujan dalam suatu bilangan - indeks tunggal, dan penentuan ketererosian (erosibility) tanah biasanya belum tersedia.

Karenanya, persamaan ini dan lain-lain yang bersifat - serupa adalah suatu perkiraan yang terbaik.

#### 4.2. Erosi di DAS Parit Raya

Untuk memperkirakan besarnya kehilangan tanah pada DAS Parit Raya dipakai formula USLE (Universal-Soil Loss Equation) yang diperkenalkan oleh Wischmeier dan Smith yang kemudian dikembangkan oleh Dinas Konversi Tanah Departemen Pertanian Amerika Serikat. Metode ini didasarkan pada data yang banyak dari beberapa lokasi yang diolah dengan analisa statistik, sehingga memungkinkan perencanaan dari manajemen tanah dalam memperkirakan kecepatan erosi permukaan tanah untuk berbagai keperluan tergantung pada keadaan hujan, macam tanah dan kondisi yang paling sesuai untuk setiap daerah yang ditinjau.

Perumusan USLE ditunjukkan dibawah ini :

$$A = R \times K \times LS \times C \times P^{*})$$

Dimana : A = laju kehilangan tanah tiap unit luas  
(ton/ha/th)

R = faktor erositas

K = faktor erodibilitas tanah

L = faktor panjang lareng

S = faktor kemiringan lerengan

LS = faktor kelerengan

C = faktor pengelolaan tanaman

P = faktor konservasi tanah

---

\*) . Sumber : " Hidrologi Teknik ", Soemarto CD, Ir. BAE.  
Dip. H

a. Faktor erosivitas (R).

Harga erosivitas menunjukkan kemampuan potensial hujan yang menyebabkan erosi tanah dan merupakan fungsi dari karakteristik hujan.

Sifat curah hujan yang mempengaruhi erositas dipandang sebagai energi kinetik butir-butir hujan yang menumbuk permukaan tanah.

Korelasi interaksi energi intensitas hujan merupakan perkalian antara total energi kinetik dengan intensitas hujan maksimum selama 30 menit.

$$R = EI_{30} \quad (\text{Hudson 1971})$$

Untuk Indonesia, Bols membuat pendekatan terhadap nilai  $EI_{30}$  sebagai berikut :

$$EI_{30} \text{ bulanan} = 6,119 \cdot R_b^{1,211} \cdot N^{-0,471} R_{\max}^{0,526} \quad *)$$

dimana,

$EI_{30} \text{ bulanan}$  = nilai erosivitas hujan

$R_b$  = curah hujan harian rata-rata bulanan (mm)

$R_{\max}$  = curah hujan harian maksimum bulanan (mm)

$N$  = jumlah hari hujan selama satu bulan.

b. Faktor Erodibilitas tanah (K).

Nilai erodibilitas tanah menunjukkan kemudahan tanah mengalami erosi, yang ditentukan oleh berbagai sifat-fisik dan kimia tanah.

---

\*) . Sumber : Diktat Kuliah Pelestarian Air dan Reklamasi, Sofia, F, Ir.



Erodibilitas tanah merupakan laju erosi persatuan indeks erosi yang diukur dalam suatu plot tanah dalam keadaan standard.

Tanah dalam keadaan standard mempunyai ciri - ciri :

- tanah terbuka, tidak ada vegetasi sama sekali (dibersihkan) dan diolah membujur lereng.
- sudut lereng 9 % dan panjang lereng 72,6 feet  
( =22,1 m )

Kondisi ini diasumsikan memberikan nilai LS, C dan P masing-masing sama dengan 1,0 , sehingga persamaan laju kehilangan tanah menjadi :

$$A = EI_{30} \times K \text{ atau } K = \frac{A}{EI_{30}}$$

dimana,

K = faktor kepekaan erosi atau erodibilitas tanah baku.

A = laju kehilangan tanah pada kondisi baku.

$EI_{30}$  = index erosi hujan atau erosivitas

Sehingga harga K semakin kecil untuk tanah yang tidak mudah mengalami erosi,

Selanjutnya nilai-nilai faktor K tertera pada tabel - 4.1.

#### c. Faktor Kelerengan (LS).

Harga ini mempertimbangkan terhadap adanya kenaikan jumlah limpasan yang terjadi sejauh L dan puncak kemiringan medan S.

Tabel 4.2 : Perkiraan nilai CP dari berbagai jenis  
Tata Guna Tanah di Pulau Jawa \*)

Jenis penggunaan tanah	Nilai (CxP)
Hutan tak terganggu	0,001
tanpa under growth	0,003
tanpa under growth dan seresah	0,005
Semak tak terganggu	0,01
sebagian rumput	0,10
Kebun campuran tahun	0,02
Kebonan	0,07
Kebun pekarangan	0,20
Perkebunan penutupan tanah sempurna	0,01
ditumbuhi alang-alang	0,02
pembakaran alang-alang setahun sekali	0,060
Jenis serat (citronella grass)	0,65
Tanaman pertanian umbi-umbi bakar	0,63
biji-bijian	0,51
kacang-kacangan	0,36
campuran	0,43
padi irigasi	0,02
perladangan 1 tahun tanah 1 tahun bero	0,28
1 tahun tanah 2 tahun bero	0,19

\*) Sumber Penelitian dan Evaluasi Tingkat Erosi yang terjadi pada suatu daerah pengairan, DPMA, 1982.

Tabel 4.1 : Harga faktor Erodibilitas Tanah (K)<sup>\*)</sup>

Jenis tanah	Tempat evaluasi	Faktor K
Dunkirk silt loam	Geneva, Ny	0,69
Keene silt loam	Zanesville, Ohio	0,48
Shelby loam	Belhany, Mo	0,41
Lodi loam	Blacksburg, Va	0,39
Payette silt loam	La Crosse, Wis	0,38
Cecil sandy clay loam	Watkinsville, Ga	0,36
Marshall silt loam	Clarinda, Iowa	0,33
Ida silt loam	Costana, Iowa	0,33
Mansic Clay loam	Hays, Kansas	0,32
Hag silty clay loam	State College, Pa	0,31
Austin clay	Temple, Texas	0,29
Mexico silt loam	Mc Credle, Mo	0,28
Honeoye silt loam	Marcellus, N	0,28
Ontario Loam	Geneva, Ny	0,27
Cecil clay Loam	Watkinsville, Ga	0,26
Bosivell fine sandy loam	Tyler, Texas	0,25
Cecil sandy loam	Watkinsville, Ga	0,23
Zaneis fine sandy loam	Guthrie, Okla	0,22
Tifton loamy sand	Tifton, Ga	0,10
Free hold loamy sand	Marlboro, Ny	0,08
Bath flaggy silt loam	Arnot, Ny	0,05
Albia gravelly loam	Beemerville, Ny	0,03
Cecil sandy loam	Clemson, Co	0,28

<sup>\*)</sup>Sumber : Predicting Rainfall Erosion Losses East of the Rocky Mountains, Weismeyer, WH and DD Smith.

Selanjutnya faktor LS dapat dihitung dengan menentukan panjang lereng L dan kemiringan lereng S yang merupakan parameter untuk mendapatkan harga LS, dengan perumusan sebagai berikut :

$$\text{Untuk } S \leq 20 \% ; LS = \frac{\sqrt{L}}{100} (1,38 + 0,965S + 0,138.S^2) \quad *)$$

$$\text{Untuk } S > 20 \% ; LS = \left( \frac{L}{22,1} \right)^{0,6} \times \left( \frac{S}{g} \right)^{1,4} \quad *)$$

dimana , L = panjang lereng (m)

S = kemiringan lereng ( % )

Dengan pengertian bahwa erosi tanah terjadi akibat adanya limpasan maka panjang lereng dapat diartikan sebagai panjang lereng dari aliran limpasan.

$$L = L_o = \frac{1}{2D} \quad *)$$

dimana , D = kerapatan drainase yang dapat dihitung dengan rumus :

$$D = 1,35 d + 0,265 S + 2,80$$

d = kerapatan drainase hasil perhitungan dari peta topografi

S = kemiringan lereng rata-rata ( % )

#### d. Faktor pengelolaan tanaman dan konservasi tanah (CP)

Faktor pengelolaan tanaman (C) merupakan perbandingan antara besarnya erosi pada lahan yang ditanami tanaman tertentu dengan cara penanaman searah lereng, ter-

---

\*) . Sumber : Penelitian dan Evaluasi Tingkat Erosi yang terjadi pada suatu daerah pengaliran, DPMA. 1982.

hadap besarnya erosi pada lahan yang sama tanpa ditagami.

Faktor konservasi tanah (P) merupakan perbandingan - antara jumlah erosi pada lahan dengan tindakan konservasi tertentu, terhadap jumlah erosi pada lahan - yang sama tanpa konservasi.

Kedua faktor tersebut tidak dapat dipisahkan secara-jelas, karena keduanya menunjukkan suatu inter rela-si yang nyata.

Perkiraan nilai CP dapat dilihat pada tabel 4.2

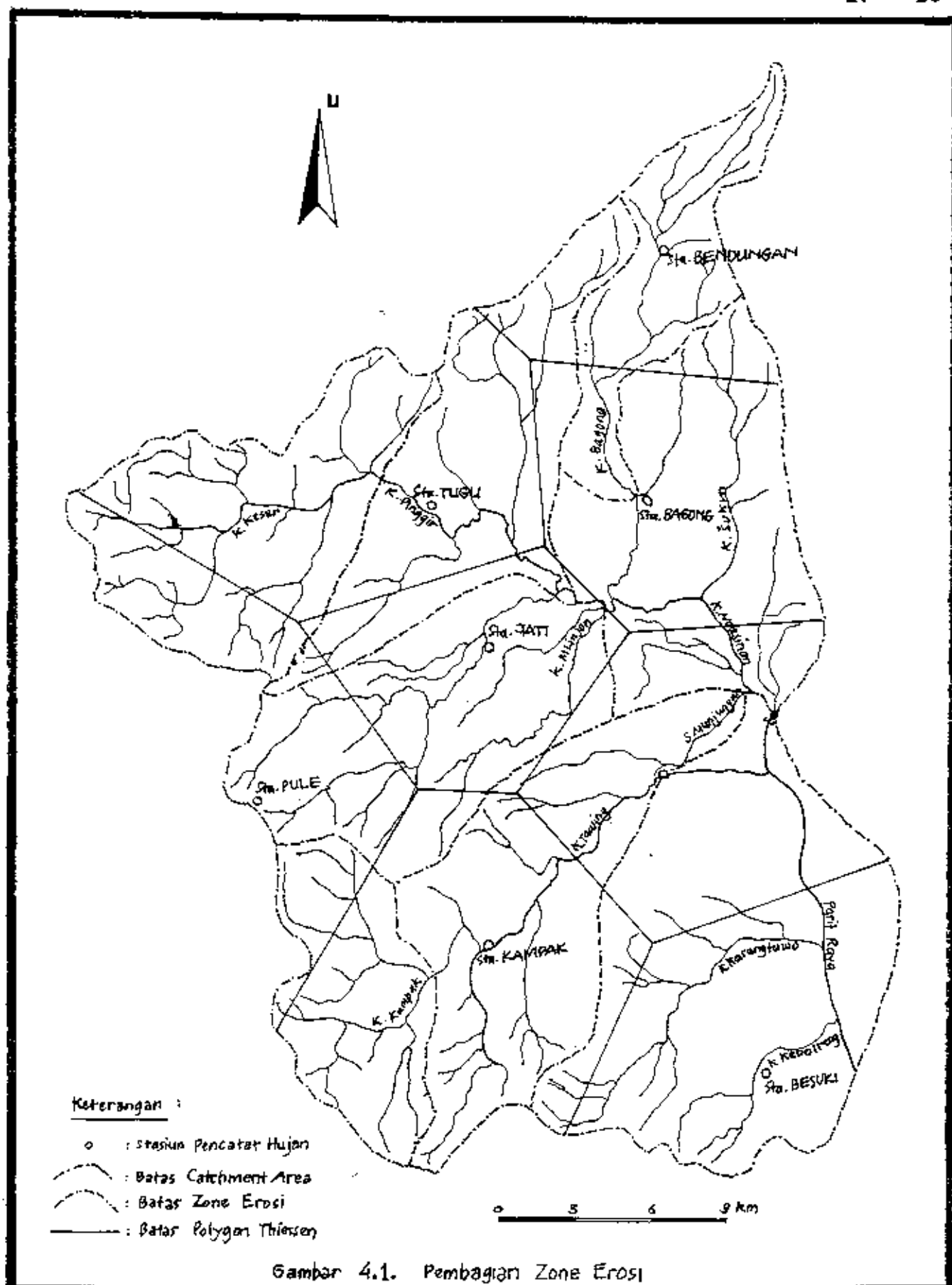
e. Perhitungan :

- Pembagian zone.

Untuk lebih memudahkan perhitungan, maka DAS Parit Raya dibagi menjadi beberapa zone sesuai de-ngan kondisi topografi dan sistem sungai yang ada (Gambar 4.1), yaitu :

- . Zone 1 meliputi DAS kali Keser
- . Zone 2 meliputi DAS kali Pinggir
- . Zone 3 meliputi DAS kali Juno
- . Zone 4 meliputi DAS kali Bagong
- . Zone 5 meliputi DAS kali Sukun
- . Zone 6 meliputi DAS kali Mlinjon
- . Zone 7 meliputi DAS kali Kampak
- . Zone 8 meliputi DAS kali Tawing
- . Zone 9 meliputi DAS kali Karangtuwo dan kali Kebo ireng.





- Perhitungan  $EI_{30}$  bulanan.

$EI_{30}$  bulanan dihitung berdasarkan pembagian luas pengaruh hujan dengan metode Theissen, dimana data - data hujan dianggap berpengaruh pada zone tertentu, dengan rumus :

$$EI_{30} \text{ bulanan} = 6,119 R_b^{1,211} N^{-0,074} R_{\max}^{0,526}$$

Harga-harga  $R_b$ ,  $N$  dan  $R_{\max}$  diambil dari tabel 2.3

Misal, zone 9, tahun 1970

Daerah Tugu :  $R_b = 10,98 \text{ mm}$  ;  $N = 12 \text{ hari}$

$$R_{\max} = 34,33 \text{ mm}; EI_{30} = 221,983$$

Daerah Pule :  $R_b = 15,35 \text{ mm}$  ;  $N = 11 \text{ hari}$

$$R_{\max} = 43,25 \text{ mm}; EI_{30} = 391,823$$

Daerah Jati :  $R_b = 16,39 \text{ mm}$  ;  $N = 9 \text{ hari}$  ;

$$R_{\max} = 52 \text{ mm}; EI_{30} = 514,110.$$

Selanjutnya hasil perhitungan  $EI_{30}$  disajikan pada - tabel 4.3.

- Perhitungan LS.

Berdasarkan data-data yang diambil dari peta topografi (Gambar 1.1) maka harga LS dapat dihitung dengan perumusan-perumusan pada sub bab 4.2.d yang - hasil perhitungannya disajikan pada tabel 4.4.

- Perkiraan harga  $K$  dan  $CP$

Harga  $K$  dipilih = 0,33 dimana jenis tanah - dan tempat evaluasi (Tabel 4.1) dianggap paling sesuai dengan kondisi daerah studi.

Sedangkan harga CP diambil dari tabel 4.2, seperti-  
ditunjukkan di bawah ini :

Daerah	CP
Daerah Tugu	0,02
Daerah Pule	0,01
Daerah Jati	0,02
Daerah Bagong	0,01
Daerah Bendungan	0,0005
Daerah Widoro	0,02
Daerah Kampak	0,001
Daerah Besuki	0,01

Selanjutnya perhitungan besarnya kehilangan tanah di  
DAS Parit Raya dapat dilihat pada tabel 4.5



Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Harga EI<sub>30</sub> Tlap Daerah Pengaruh Hujan (1970 - 1984)

No.	Daerah Pengaruh Hujan Tahun	BESUKI	KAMPAK	PULE	WIDORO	JATI	TUGU	BAGONG	BENDUGAN
1	1970	487,238	646,290	391,823	397,229	514,110	221,983	328,430	764,388
2	1971	828,211	546,277	353,529	963,703	471,851	199,370	344,981	1182,894
3	1972	449,224	341,307	165,023	287,149	137,063	155,358	224,775	600,531
4	1973	871,485	644,571	519,783	308,366	327,692	345,809	268,343	377,403
5	1974	1081,966	631,810	388,085	403,925	343,451	465,191	378,835	623,392
6	1975	684,466	542,184	472,347	376,343	344,112	422,881	269,401	573,856
7	1976	719,688	255,280	376,168	118,834	188,363	221,946	117,010	493,066
8	1977	487,957	223,627	390,532	181,156	207,633	178,569	137,725	553,931
9	1978	846,515	913,475	445,151	359,204	388,188	451,132	317,753	416,987
10	1979	704,905	816,136	348,009	266,013	223,292	214,754	273,164	594,541
11	1980	553,696	510,248	309,255	211,568	253,287	202,228	165,358	204,820
12	1981	450,583	653,873	487,523	232,402	333,971	579,980	416,227	639,966
13	1982	263,142	280,726	270,147	239,849	156,098	371,801	267,148	503,715
14	1983	478,490	499,498	249,944	155,056	283,729	283,202	327,224	511,599
15	1984	518,588	388,358	190,638	219,056	499,406	415,388	436,394	484,422
	R	624,210	526,244	357,197	314,657	311,483	315,306	284,651	568,335



lanjutan :

Zone	Daerah	Luas (Ha)	El <sub>30</sub>	K	LS	CP	A (ton/th)	Volume (m <sup>3</sup> /th)
4	BAGONG BENDUNGAN	806	284,651	0,33	0,880	0,01	666,261	1405,676
		3624	568,335	0,33	0,880	0,005	<u>2990,606</u> 3656,867	
5	WIDORO	1916	314,657	0,33	0,858	0,02	3414,005	3873,413
	JATI	107	311,483	0,33	0,858	0,02	188,734	
	BAGONG	7198	284,651	0,33	0,858	0,01	5801,306	
	BENDUNGAN	836	568,335	0,33	0,858	0,005	<u>672,639</u> 10076,684	
6	PULE	3169	357,197	0,33	2,441	0,001	911,826	11240,672
	JATI	5241	311,483	0,33	2,441	0,02	26300,271	
	KAMPAK	802	624,210	0,33	2,441	0,001	403,262	
	WIDORO	321	314,657	0,33	2,441	0,02	<u>1627,249</u> 29242,608	
7	KAMPAK	3958	624,210	0,33	3,826	0,001	3119,359	1414,198
	PULE	1241	357,197	0,33	3,826	0,001	<u>559,678</u> 3679,037	
8	KAMPAK	6776	624,210	0,33	2,416	0,001	3435,023	7018,015
	JATI	82	311,483	0,33	2,416	0,02	414,862	
	WIDORO	2819	314,657	0,33	2,416	0,02	<u>14407,480</u> 18257,365	
9	BESUKI	9147	624,260	0,33	2,515	0,01	47387,231	28017,834
	KAMPAK	1094	526,244	0,33	2,515	0,001	477,811	
	WIDORO	4791	314,657	0,33	2,515	0,02	<u>25023,352</u> 72808,394	
Total		Luas = 708,72 Km <sup>2</sup>				A=162464,488		V=62450,313

Jadi laju kehilangan tanah di DAS Parit Raya adalah :

$$\text{Total volume kehilangan tanah per tahun} = \frac{62450,313}{708,72}$$

luas DAS Parit Raya

$$= 0,088 \text{ mm/tahun}$$

#### 4.3. Jenis Material Sedimen Pada Aliran Sungai.

Material sedimen yang diangkut oleh aliran sungai dapat digolongkan dalam beberapa macam, berdasarkan pada mekanisme pengangkutannya, tempat asalnya dan distribusi butirannya.

Berdasarkan mekanisme pengangkutannya, maka material sedimen yang terangkut dalam aliran sungai, dapat digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu :

- **Bed Load.**

Merupakan material sedimen yang bergerak dalam aliran dengan cara bergulir, meluncur atau menggelinding pada dasar sungai.

Mekanisme yang demikian itu, dapat menyebabkan terjadinya benturan-benturan butiran material sedimen dan kemudian berlompatan di atas permukaan dasar sungai. Butiran-butiran yang dalam pengangkutannya selalu berlompatan, disebut sebagai saltation load.

Faktor utama terjadinya saltation load adalah turbulensi aliran dan gravitasi.

Karena turbulensi aliran, maka kecepatan geser dan gaya seret yang terjadi melebihi batas kritis yang dapat ditahan oleh butiran, sehingga butiran terangkat ke atas. Dengan adanya pengaruh gravitasi, maka butiran-butiran tersebut mempunyai kecepatan jatuh tertentu yang melebihi pengaruh turbulensi alirannya sehingga butiran tertarik kembali ke bawah.

- **Suspended Load.**

Merupakan material sedimen yang ukuran butirannya kurang dari 0,1 mm dan senantiasa bergerak melayang dalam aliran. Material sedimen ini tidak berpengaruh terhadap permukaan dasar sungai, tetapi dapat mengendap di dasar waduk-waduk atau muara-muara sungai, sehingga menimbulkan pendangkalan waduk atau muara sungai tersebut dan menyebabkan timbulnya berbagai masalah.

Berdasarkan tempat asal material sedimen terangkut dalam aliran sungai, dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

- **Bed Material Transport.**

Merupakan material sedimen yang berasal dari hasil gerusan pada dasar dan atau tebing sungai yang kemudian terangkut dalam aliran sungai.

Oleh karena itu terjadinya Bed Material Transport ditentukan oleh kondisi aliran serta kondisi dasar dan atau tebing sungai tersebut .

Material sedimen itu dalam pengangkutannya dapat berupa Bed Load dan atau Suspended Load.

- **Wash Load.**

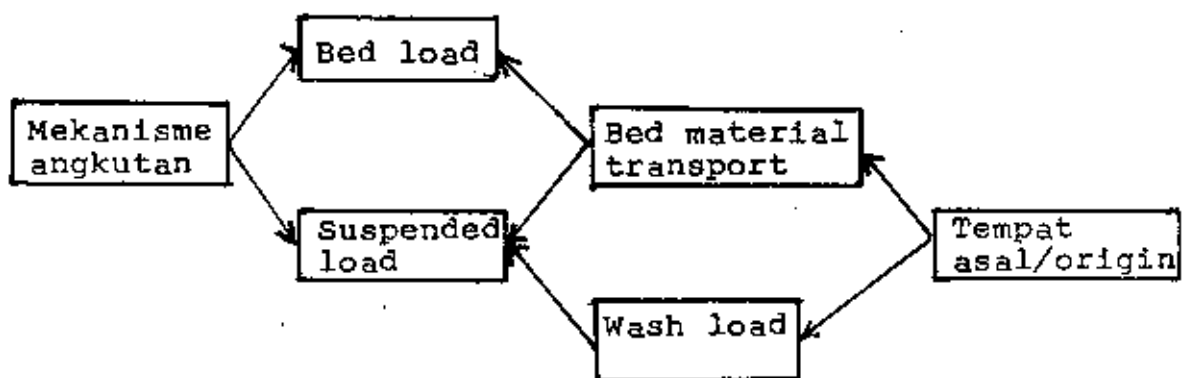
Merupakan material sedimen yang berasal dari luar alur sungai, sehingga terjadinya material ini tidak berhubungan langsung dengan kondisi alur dan arus sungai.

Dalam pengangkutannya material ini hanya dapat merupakan suspended load.

Ukuran butirannya sangat halus, umumnya kurang dari  $50\text{-}\mu\text{m}$ , walaupun air tidak lagi mengalir, tetapi butiran ini tetap tidak mengendap dan kondisi airnya tetap saja keruh.

Wash load tidak penting terhadap perubahan dasar saluran, tetapi untuk sedimentasi didalam reservoir - menjadi penting.

Pembagian jenis material sedimen berdasarkan mekanisme-angkutannya dan tempat asal bahan angkutan secara schematic ditunjukkan sebagai berikut :



Berdasarkan pada gradasi butirannya, maka material sediment dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- |            |                        |                         |
|------------|------------------------|-------------------------|
| - Clay     | (lempung)              | $< 0,24 \mu$            |
| - Silt     | (lanau)                | $= 4 - 62 \mu$          |
| - Sand     | (pasir)                | $62 - 2000 \mu$         |
| - Gravel   | (kerikil)              | $2 - 64 \text{ mm}$     |
| - Cobles   | (batu kerikil/pecahan) | $= 64 - 250 \text{ mm}$ |
| - Boulders | (butir besar)          | $> 250 \text{ mm}$      |

#### 4.4. Angkutan Sedimen Pada Alur Parit Raya.

Mengingat bahwa perubahan jumlah angkutan sedimen pada aliran sungai sering menimbulkan dampak yang negatif, maka sangat perlu dilakukan perhitungan mengenai jumlah angkutan sedimen pada aliran sungai.

Usaha-usaha yang dilakukan selama ini untuk menentukan perumusan angkutan sedimen, sebagian besar berdasarkan pada hasil percobaan dengan memakai saluran buatan yang mempunyai syarat-syarat tertentu, yang kemudian dicocokkan dengan hasil pengukuran di lapangan agar dapat ditentukan koefisien-koefisien yang menjadi dasar penyusunan rumus.

Dengan demikian rumus-rumus yang dipakai sebagian besar bersifat empiris, oleh karena itu dalam pemakaiannya seyogyanya dipertimbangkan kecocokannya dengan kondisi saluran yang ditinjau.

Untuk menentukan jumlah angkutan bed load, rumus yang sering dipakai antara lain rumus Shields, Meyer - Peter - Muller (MPM), Engelund and Hansen, Einstein dan sebagainya.

Dalam menentukan jumlah angkutan suspended load, umumnya dipakai metode pengukuran kecepatan aliran dan konsentrasi beban suspensinya pada suatu penampang tertentu.

##### a. Angkutan Muatan Dasar (Bed Load).

Untuk menentukan jumlah angkutan bed load pada alur-  
Parit Raya maka dipakai rumus Meyer Petter Muller \*)

\*) . Sumber : "Diktat Kuliah Sediment Transport", Soejadi Bambang, Ir. Dipl. H.

(MPM). Rumus empiris MPM ditekankan pada adanya reduksi terhadap gaya seret aliran, yang disebabkan oleh faktor Ripples yang terbentuk pada saat butiran mulai bergerak sehingga gaya seret tersebut menjadi lebih kecil.

Parameter-parameter pada perumusan MPM yang dipakai untuk menghitung jumlah angkutan bed load adalah :

$$\tau_o = \rho_w g R I$$

$$\tau_o' = \mu \tau_o$$

$$\mu = \left( \frac{c}{c'} \right)^{3/2}$$

$$c = \frac{\bar{U}}{\sqrt{R I}}$$

$$c' = 18 \log \frac{12 R}{k_s} \quad (\text{untuk batas hidrolis kasar : } k_s > 6\delta^*)$$

$$c' = 18 \log \frac{12 R}{0,3\delta} \quad (\text{untuk batas hidrolis licin : } k_s < 0,3\delta^*)$$

$$c' = 18 \log \frac{12 R}{k_s + 0,3\delta} \quad (\text{untuk batas hidrolis transisi : } 0,3\delta < k_s < 6\delta^*)$$

$$\delta = \frac{11,6 \nu}{\sqrt{g R I}}$$

$$\psi' = \frac{\tau_o'}{\Delta \cdot g \cdot \rho_w \cdot D_m} ; \Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}$$

$$\phi = (4\psi' - 0,188)^{3/2}$$

$$S_b = \phi \sqrt{g \cdot D_m^3}$$

dimana :

$\tau_o$  = gaya seret aliran air dalam saluran ( $N/m^2$ )

$\tau_o'$  = gaya seret tereduksi, akibat adanya faktor Ripples ( $N/m^2$ )

\*) . Setelah Nikuradse dan Whitecolebrook



$\mu$  = faktor Ripples

$C$  = koefisien kekasaran Chezy hasil perhitungan berdasarkan data hidrolis penampang pengamatan ( $m^{1/2}/detik$ )

$C'$  = koefisien kekasaran Chezy sesuai dengan kondisi-batas hidrolis aliran ( $m^{1/2}/det$ )

$\bar{U}$  = kecepatan aliran rata-rata ( $m/det$ )

$U^*$  = kecepatan geser pada dasar sungai ( $m/det$ )

$\delta$  = tebal lapisan viskus ( $m$ )

$\nu$  = viskositas kinematis ( $m^2/det$ )

$R$  = jari-jari hidrolis ( $m$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/det^2$ )

$I$  = kemiringan dasar saluran

$\rho_w$  = massa jenis air ( $kg/m^3$ )

$\rho_s$  = massa jenis material sedimen ( $kg/m^3$ )

$\psi, \phi$  = parameter tak berdimensi

$K_s$  = tinggi kekasaran equivalen dari pasir (sesudah Nikuradse).

$= D_{90}$  = diameter butiran dimana 90 % campuran material sedimen lolos ayakan (lebih halus)

$D_m$  = diameter rata-rata yang diambil dari persentase distribusi ukuran kumulatif.

$$= \frac{\sum_1 P_i \cdot D_i}{\sum_1 P_i}$$

dimana :

$P_i$  = batas persentase dari sample dalam percobaan saringan ke  $i$

$D_i$  = nilai rata-rata aritmathic batas percobaan saringan ke  $i$  dan  $(i + 1)$

Langkah-langkah perhitungannya ditunjukkan dibawah ini

- Menghitung harga koefisien kekasaran Chezy (C) berdasarkan data kecepatan aliran ( $\bar{U}$ ), penampang basah (A), dan keliling basah (P) penampang tempat pengamatan angkutan bed load (tabel 2.5).

Perhitungan : Data tgl. 4 Juni 1982.

$$I = 0,0006$$

$$A = 8,307 \text{ m}^2$$

$$P = 17,751 \text{ m}$$

$$\bar{U} = 0,423 \text{ m/det, sehingga}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{8,307}{17,751} = 0,468 \text{ m}$$

$$C = \frac{\bar{U}}{\sqrt{RI}} = \frac{0,423}{\sqrt{0,468 \cdot 0,0006}}$$

$$= 25,243 \text{ m}^{1/2}/\text{det}$$

Perhitungan selanjutnya disajikan pada tabel 4.6, sehingga didapat harga rata-rata

$$\bar{C} = 25,5134 \text{ m}^{1/2}/\text{det}$$

$$\bar{R} = 1,6783 \text{ m}$$

- Menentukan harga jari-jari hidrolis R yang memadai untuk debit harian Q (tabel 3.14), berdasarkan data-data

Tabel 2.5 :  $B = 12 \text{ m}$

$$z = 1,5$$

$$I = 0,0006$$

Tabel 4.6 :  $C = \bar{C} = 25,5134 \text{ m}^{1/2}/\text{det.}$

Tabel 4.6. Perhitungan Kekasaran CHEZY (C)

No.	Tgl., Bulan, Tahun Pengamatan	Debit Aliran $Q$ ( $m^3/det$ )	Luas Penampang Basah $A_2$ ( $m^2$ )	Keliling Basah $P$ ( $m$ )	Kecapatan Aliran rata-rata $\bar{U}$ ( $m/det$ )	Jari-jari Hidrolis $R = \frac{A}{P}$ ( $m$ )	Kemiringan dasar $I$	$C = \frac{\bar{U}}{RI}$ ( $m^{1/2}/det$ )
1	4-6-1982	3,514	8,307	17,751	0,423	0,468	0,0006	25,243
2	11-6-1982	5,936	12,961	13,445	0,058	0,964	0,0006	19,044
3	15-6-1982	106,06	75,007	18,188	1,414	4,124	0,0006	28,426
4	22-6-1982	9,718	16,527	13,796	0,588	1,198	0,0006	21,932
5	6-7-1982	39,886	41,765	18,472	0,955	2,521	0,0006	24,082
6	15-7-1982	253,886	127,325	21,066	1,994	6,044	0,0006	33,112
7	20-7-1982	40,447	45,548	16,215	0,888	2,809	0,0006	21,630
8	27-7-1982	11,592	18,459	13,984	0,628	1,32	0,0006	22,315
9	12-8-1982	34,128	34,683	15,380	0,984	2,255	0,0006	26,751
10	20-8-1982	14,54	23,043	14,402	0,631	1,6	0,0006	20,365
11	31-8-1982	2,278	4,716	12,577	0,493	0,375	0,0006	32,2
12	7-9-1982	0,855	2,143	12,245	0,399	0,175	0,0006	38,938
13	14-9-1982	0,209	1,148	12,038	0,182	0,095	0,0006	24,106
14	21-9-1982	0,196	1,139	12,123	0,172	0,094	0,0006	22,903
15	28-9-1982	51,694	49,186	16,478	1,051	2,985	0,0006	24,834
16	5-10-1982	16,018	21,705	14,279	0,738	1,52	0,0006	24,438
17	12-10-1982	5,571	10,591	13,206	0,526	0,802	0,0006	23,979
18	19-10-1982	5,332	10,004	13,146	0,533	0,761	0,0006	24,944

R<sub>rata-rata</sub> = 1,6783C<sub>rata-rata</sub> = 25,5134

Dengan cara Trial and error, maka hasil perhitungan - harga R disajikan pada tabel. 4.7

- Menentukan kondisi batas hidrolis dasar saluran berdasarkan data-data :

Tabel 4.6 :  $\bar{R} = 1,6783 \text{ m}$  ;  $I = 0,0006$

Gambar 2.2 :  $K_s = D_{90} = 0,7 \text{ mm}$

maka :  $\delta = \frac{11,6 \nu}{U_*} = \frac{11,6 \nu}{g \cdot \bar{R} \cdot I}$  ;  $\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det}$   
 $g = 9,8 \text{ m/det}^2$

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{11,6 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{9,8 \cdot 1,6783 \cdot 0,0006}} \\ &= 0,0001167 \text{ m} \\ &= 0,1167 \text{ mm}\end{aligned}$$

Sehingga :  $0,3 \delta = 0,3 \cdot 0,1167 = 0,035 \text{ mm}$   
 $6 \delta = 6 \cdot 0,1167 = 0,7002 \text{ mm}$

Jadi :  $0,3\delta < K_s < 6\delta$

Dasar saluran pada kondisi batas hidrolis transisi.

- Berdasarkan kondisi di atas, maka harga koefisien Chezy C' dihitung dengan rumus :

$$C' = 18 \log \frac{12 \cdot R}{K_s + 0,3\delta}$$

- Berdasarkan data-data pada tabel 2.5 :

$$\rho_s = 2601,5 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$$

maka  $\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} = \frac{2601,5 - 1000}{1000} = 1,6015.$

Tabel 4.7. Perhitungan Debit Angkutan Bed Load dengan Formula MPM

Bulan	Waktu se- lama satu Bulan (10 <sup>5</sup> det)	Debit Harian Q (m <sup>3</sup> /det)	Jari-jari Hidrolis R (m)	Tractive force $\tau_0$ (N/m <sup>2</sup> )	Kekasaran Chezy turunan C' (m <sup>3</sup> /det)	Faktor Ripples $= (\frac{C}{C'})^{\frac{3}{2}}$	Tractive Force tereduksi $\tau'_0$ (N/m <sup>2</sup> )	$\psi'$	$\phi$	Jumlah Angkutan Sedimen Sb (10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> / det m <sup>2</sup> )	Debit Angkutan Bed Load Qb (m <sup>3</sup> /bln)
JANUARI	26,784	46,029	2,1799	12,8178	81,9239	0,1738	2,2277	0,5678	3,0064	0,4708	1513,1703
PEBRUARI	25,056	52,964	2,3298	13,6992	82,4438	0,1722	2,3584	0,6011	3,2994	0,5167	1553,5150
MARET	26,784	45,314	2,1637	12,7226	81,8656	0,1740	2,2135	0,5641	2,9751	0,4659	1497,4238
APRIL	25,920	30,972	1,7974	10,5687	80,4157	0,1787	1,8887	0,4814	2,2902	0,3586	1115,4944
MEI	26,784	31,111	1,8017	10,5940	80,4344	0,1786	1,8926	0,4824	2,2980	0,3599	1156,6364
JUNI	25,920	16,602	1,3055	7,6763	77,9161	0,1874	1,4383	0,3666	1,4452	0,2263	703,9486
JULI	26,784	13,926	1,881	11,0603	77,1794	0,1901	2,1022	0,5358	2,7337	0,4281	1375,9235
AGUSTUS	26,784	6,8	0,7974	4,6887	74,0623	0,2018	0,9461	0,2411	0,6843	0,1072	344,3965
SEPTEMBER	25,920	19,933	1,4370	8,4496	78,6663	0,1847	1,5607	0,3978	1,6619	0,2603	809,5000
OKTOBER	26,784	25,478	1,6294	9,5809	79,6486	0,1813	1,7370	0,4427	1,9913	0,3118	1002,2537
NOPEMBER	25,920	33,237	1,8616	10,9462	80,6900	0,1778	1,9462	0,4960	2,4070	0,3769	1172,4205
DESEMBER	26,784	37,027	1,9628	11,5413	81,1039	0,1764	2,0363	0,5190	2,5940	0,4062	1305,6160

Keterangan : Harga jari-jari Hidrolis (R) diperoleh dengan cara trial and error pada suatu penampang Parit Raya - dengan lebar dasar 12,0 m dan dengan menggunakan - harga kekasaran Chezy (C) dan Kemiringan (I) - (Tabel 4.6) sehingga harga Debit Aliran identik dengan Debit Harian Q.

Jadi Angkutan Bed Load Total = 13550,2987 m<sup>3</sup>/tahun  
Dengan memperhatikan porositas sedimen ( $\epsilon = 0,4$ ) maka jumlah angkutan bed load :

$$\frac{13550,2987}{1 - \epsilon} = \frac{13550,2987}{1 - 0,4} = 22583,83117 \text{ m}^3/\text{th}$$

$$= 32520,717 \text{ ton/th}$$

Berdasarkan harga-harga dan rumus-rumus tersebut, maka selanjutnya perhitungan jumlah angkutan bed load - ditunjukkan pada tabel 4.7 dan didapat :

Jumlah angkutan bed load = 32520,717 ton/tahun

b. Angkutan muatan melayang (Suspended load).

Untuk menentukan jumlah angkutan suspended load maka perlu dilakukan pendekatan-pendekatan statistik berdasarkan korelasi antara debit aliran air dengan - debit aliran suspended load yang diambil dari data - data pengamatan pada penampang saluran tertentu. Pendekatan-pendekatan statistik tersebut ditunjukkan dalam bentuk persamaan Power Regresi sebagai berikut :

$$Q_s = A \cdot Q_w^B \quad *)$$

dimana :

$Q_s$  = debit aliran suspended load (ton/hari)

$Q_w$  = debit aliran air ( $m^3/det$ )

A ; B = konstanta regresi

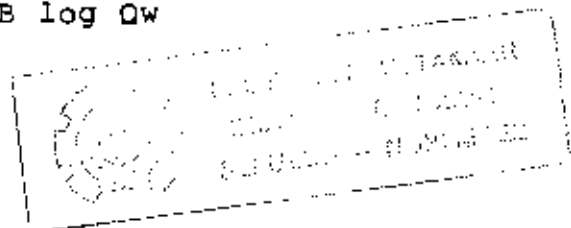
Apabila persamaan-persamaan tersebut diformulasikan - dalam skala logaritmis maka persamaan Power Regresi - akan merupakan persamaan linier, yakni :

$$\log Q_s = \log A + B \log Q_w$$

Bila  $\log Q_s = y$

$\log Q_w = x$

$\log A = Z$



\*) . Sumber : "Statistical in Hydrology", Shalim, MMA

maka,

$$Y = Z + B x$$

dimana,

$$Z = \frac{\sum Y - B \sum x}{n}$$

disebut sebagai konstanta titik potong garis regresi.

$$B = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

disebut sebagai gradient garis regresi

Berdasarkan data-data pengamatan, maka dapat dibuat hubungan fungsi awal antara debit aliran air dengan debit aliran suspended load, yang tingkat kesempurnannya ditunjukkan oleh koefisien korelasinya yang nilainya  $\leq 1$

Apabila nilai koefisien korelasi itu semakin mendekati angka 1, maka didapat korelasi yang makin baik. Koefisien korelasi dinyatakan sebagai berikut :

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{\{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}} \leq 1$$

Dengan menggunakan data-data hasil pengamatan angkutan suspended load berupa data debit aliran dan data konsentrasi suspended load, dapat ditentukan harga debit angkutan suspended load dengan rumus :

$$Q_s = Q_w \cdot C_s \cdot K$$

dimana,

$Q_s$  = debit angkutan suspended load (ton/hari)

$Q_w$  = debit aliran air ( $m^3/det$ )

$C_s$  = konsentrasi suspended load ( $kg/m^3$ )

$K$  = konstanta konversi ( = 86,4 )

Hasilnya terlihat pada tabel 2.4.

Dengan memakai persamaan Power Regression, maka dari hubungan antara data debit aliran air sesaat dengan debit angkutan suspended load tersebut, dapat - ditentukan konstanta regresi A, gradient regresi B - serta koefisien korelasi r yang disajikan pada tabel- 4.8. Dengan menggunakan konstanta-konstanta tersebut, serta berdasarkan data-data debit aliran air rata - rata setiap bulan pengamatan maka dapat ditentukan besarnya debit angkutan suspended load rata-rata bulan- an selama 1 tahun pengamatan, hasilnya ditunjukkan pa- da tabel 4.9.

Berdasarkan hubungan antara debit aliran air - rata-rata setiap bulan pengamatan dengan debit angkut- an suspended load-nya dapat ditentukan harga :

$$A = 6,7534$$

$$B = 1,6176$$

$$r = 0,8709$$

Sehingga persamaan Power Regressionnya adalah :

$$Q_s = 6,7534 Q_w^{1,6176}$$



Tabel 4.8. Konstanta dan Koefisien Regresi serta koefisien Korelasi Bulanan tahun 1982 - 1983.

Bulan	Konstanta A	Koefisien Regresi	Koefisien Korelasi
OKTOBER '82	2,6978	1,7806	0,5308
NOPEMBER '82	10,5308	1,6576	0,9790
DESEMBER '82	18,4999	1,4601	0,9740
JANUARI '83	186,8687	0,8927	0,9525
PEBRUARI '83	173,4855	0,9492	0,9952
MARET '83	258,9811	0,7393	0,9696
APRIL '83	6731,631	-1,3157	-0,5117
MEI '83	1,0690	2,1278	0,8945
JUNI '83	2,2198	2,0600	0,9511
JULI '83	1,7793	1,7555	0,9942
AGUSTUS '83	2,1785	1,9848	0,9853
SEPTEMBER '83	5,0051	1,1069	0,9730

Tabel 4.9. Hasil perhitungan Angkutan Suspended Load Rata-rata Bulanan (th. 1982 - 1983).

BULAN	Debit Air $Q_w$ ( $m^3/det$ )	Angkutan Suspended Load $Q_s$ (ton/hari)
OKTOBER '82	5,76725	61,0929
NOPEMBER '82	6,035	207,2583
DESEMBER '82	6,5585	288,2609
JANUARI '83	22,03875	2955,2863
PEBRUARI '83	28,4415	4162,2506
MARET '83	46,583	4431,8865
APRIL '83	12,03575	255,0009
MEI '83	16,349	408,3610
JUNI '83	26,0804	1836,2051
JULI '83	109,5518	6773,3145
AGUSTUS '83	13,7545	396,0434
SEPTEMBER '83	13,23825	87,3307

Berdasarkan hasil perhitungan debit harian (tabel 3.14) maka dengan menggunakan persamaan Power Regression diatas dapat diperoleh debit angkutan suspended load bulanan.

Selanjutnya debit angkutan suspended load tiap tahun - nya dapat dihitung dengan menjumlahkan debit-debit angkutan suspended load bulanan tersebut.

Hasilnya disajikan pada tabel 4.10.

Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Angkutan Suspended Load  
Rata-rata Tahunan.

BULAN	Debit Harian $Q_w$ ( $m^3/det$ )	Angkutan Sus.L $Q_s$ (ton/hari)	Angkutan Sus.L $Q_s$ (ton/bulan)
JANUARI	46,029	3308,585	102566,135
PEBRUARI	52,964	4151,775	116249,692
MARET	45,314	3225,849	100001,312
APRIL	30,972	1743,068	52292,040
MEI	31,111	1755,7396	54427,929
JUNI	16,602	635,703	19071,076
JULI	13,926	478,383	14829,883
AGUSTUS	6,800	150,0337	4651,045
SEPTEMBER	19,933	854,498	25634,950
OKTOBER	25,478	1270,971	39400,090
NOPEMBER	23,237	1953,880	58616,405
DESEMBER	37,027	2326,795	72130,632

Jadi Angkutan Suspended Load total = 659871,189 ton/tahun.

c. Jadi angkutan sedimen total pada alur Parit Raya dapat ditentukan dengan menjumlahkan angkutan bed load dan angkutan suspended load sebagai berikut :

- Angkutan bed load = 32520,717 ton/tahun
- Angkutan suspended load = 659871,189 ton/tahun

T o t a l = 692391,906 ton/tahun

#### 4.5. Kondisi Aliran Parit Raya.

Aliran sungai merupakan sarana angkutan material sedimen. Selain ditentukan oleh adanya debit yang masuk, maka aliran dipengaruhi pula oleh profil memanjang dan melintang sungai.

Sedangkan perubahan angkutan sedimen oleh aliran sungai, khususnya bed load, menjadi sebab yang potensial terhadap perubahan dasar sungai (river bed alteration), kadang-kadang naik (agradasi) ataupun turun (degradasi).

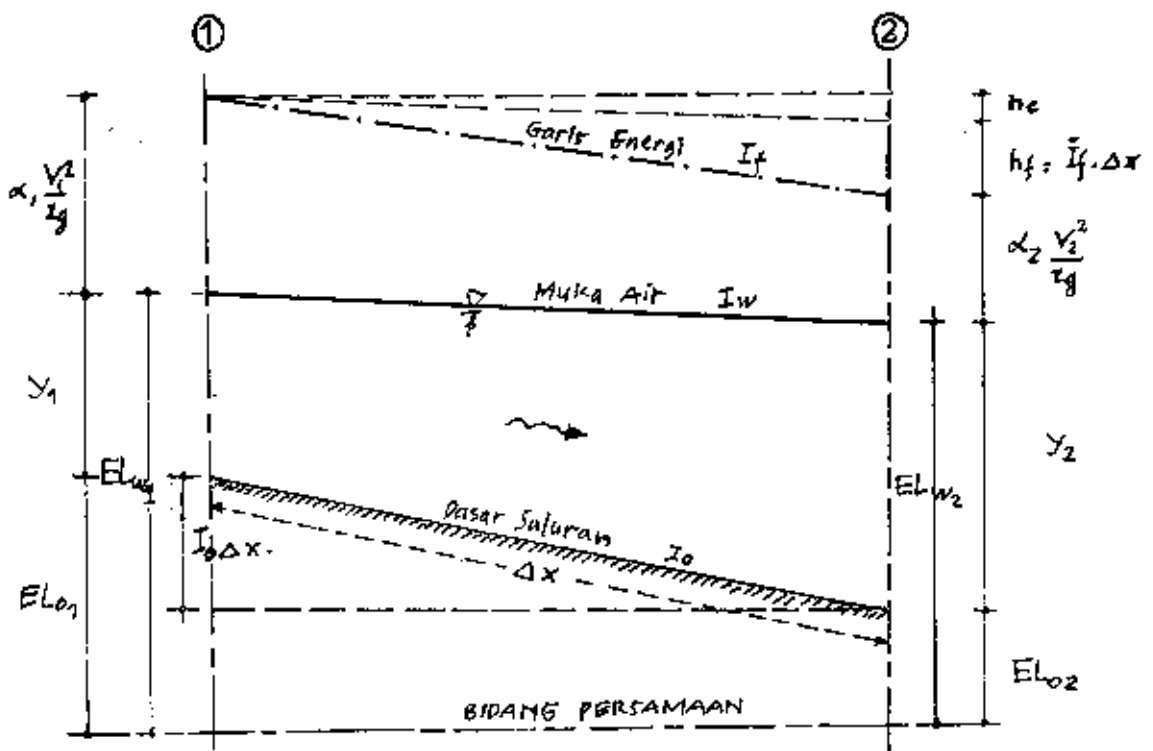
Kondisi aliran dalam aliran sungai dapat ditunjukkan dalam bentuk profil alirannya (garis muka air). Oleh karena itu diperlukan pembahasan dan perhitungan mengenai profil aliran, agar dapat diperkirakan tendensi perubahan dasar sungai sehubungan dengan perilaku angkutan sedimen. Dimana dengan meninjau profil aliran tersebut dapat diperkirakan alokasi terjadinya erosi dan atau sedimentasi pada dasar sungai. Dengan demikian saling keterkaitan antara kondisi aliran, profil sungai dan angkutan sedimen merupakan faktor-faktor yang menentukan morfologi sungai.

Untuk menghitung profil aliran Parit Raya, maka dipakai metode Tahapan Standard, karena metode ini dianggap sesuai dipakai pada saluran tidak prismatis. Perhitungan dilakukan tahap demi tahap dari satu stasiun pengamat ke stasiun pengamatan yang lain, dengan

sifat-sifat hidrolis yang telah ditentukan.

Dalam hal ini jarak setiap stasiun diketahui dan dilakukan penentuan kedalaman aliran disetiap stasiun, dengan cara coba-coba.

Pada metode ini, permukaan air dianggap terletak pada suatu ketinggian dari bidang persamaan (Datum).



Gambar 4.2. Bagian saluran untuk menurunkan metode - tahapan standard.

Pada gambar 4.2. ditunjukkan bahwa tinggi muka air - diatas bidang persamaan pada kedua ujung penampang - adalah :

$$EL_{w1} = I_0 \cdot \Delta x + Y_1 + EL_{02}$$

dan  $EL_{w2} = Y_2 + EL_{02}$

Kehilangan tekanan akibat gesekan adalah :

$$h_f = \bar{I}_f \cdot \Delta x = \frac{1}{2} (I_{f1} + I_{f2}) \Delta x$$

dimana  $I_f$  merupakan kemiringan garis energi rata-rata pada kedua ujung penampang, dengan :

$$I_f = \frac{n^2 \cdot V^2}{R^{4/3}}$$

sehingga :

$$EL_{w1} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = EL_{w2} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_e$$

dimana :

-  $h_e$  merupakan kehilangan tekanan akibat pusaran.

karena sampai kini belum ada metode rasional untuk menghitung kehilangan tekanan akibat pusaran, maka  $h_e$  biasanya dianggap merupakan bagian dari kehilangan tekanan akibat gesekan dan nilai kekasaran Manning ( $n$ ) akan meningkat pula dalam menghitung  $h_f$ .

- Koefisien kekasaran Manning ( $n$ ) ditentukan berdasarkan perumusan di bawah ini :

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5^*)$$

dimana :

$n_0$  = nilai kekasaran yang tergantung dari bahan-bahan alamiah yang dikandungnya.

$n_1$  = nilai kekasaran yang tergantung dari tingkat ketidak teraturan permukaan air (termasuk efek pusaran).

---

\*) . Sumber : Estimating hydraulic Roughness Coefficients, "Agriculter Engineering", Woody L. Cowan, -" Open Channel Hydraulics", Chow VT.

$n_2$  = nilai kekasaran yang tergantung dari variasi -  
bentuk dari penampang sungai.

$n_3$  = nilai yang tergantung dari pengaruh adanya hambatan.

$n_4$  = nilai kekasaran yang tergantung dari kondisi -  
tumbuhan.

$m_5$  = koreksi yang tergantung dari derajat tingkat -  
meander (berbelok-belok)

Nilai-nilai tersebut diatas ditunjukkan pada tabel-  
5.3.

Menurut hasil pengamatan dari proyek Brantas Malang,  
maka nilai kekasaran Manning di Parit Raya dapat di  
tentukan sebagai berikut :

$n_0$  = 0,02 (tanah)

$n_1$  = 0,005 (sedikit)

$n_2$  = 0,005 (kadang-kadang berganti)

$n_3$  = 0 (diabaikan)

$n_4$  = 0,01 (sedang)

$m_5$  = 1 (kecil)

Sehingga :  $n = (0,002 + 0,005 + 0,005 + 0,01 + 0) \cdot 1$   
= 0,04



Tabel 4.11. Koefisien Kekasaran Manning

Keadaan saluran		Nilai-nilai	
Bahan Pembentuk	Tanah	$n_0$	0,020
	Batu pecah		0,025
	Kerikil halus		0,024
	Kerikil kasar		0,028
Derajat ketidakaturan	Sangat kecil	$n_1$	0,000
	Sedikit		0,005
	Sedang		0,010
	Besar		0,020
Variasi penampang saluran	Bertahap	$n_2$	0,000
	kadang-kadang berganti		0,005
	sering berganti		0,010-0,015
efek relatif dari hambatan	dapat diabaikan	$n_3$	0,000
	kecil		0,010-0,015
	cukup		0,020-0,030
	besar		0,040-0,060
Tetumbuhan	rendah	$n_4$	0,005-0,010
	sedang		0,010-0,025
	tinggi		0,025-0,050
	sangat tinggi		0,050-0,100
Kadar meander	kecil	$n_5$	1,00
	cukup		1,150
	besar		1,300

Sumber : Estimating of Hydraulics Roughness Coefficients, "Agriculture Engineering", Woody L.C, - "Open -



- Koefisien energi ( $\alpha$ ) merupakan faktor koreksi yang diberikan pada nilai tinggi kecepatan yang secara teoritis dihitung dengan rumus :

$$\frac{v^2}{2g} , \text{ dimana}$$

$v$  = kecepatan aliran rata-rata (m/det)

$g$  = percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)

Hal ini dilakukan karena pembagian kecepatan pada suatu penampang saluran pada umumnya tidak sama, sehingga nilai tinggi kecepatan teoritis diatas biasanya lebih rendah dari kenyataan di lapangan.

Oleh karena itu harga koefisien energi ( $\alpha$ ) selalu lebih besar dari 1 dan tergantung pada kondisi penampang saluran, seperti ditunjukkan pada tabel 5.4.

Untuk Parit Raya, proyek Brantas Malang menetapkan harga koefisien energi  $\alpha = 1,10$

Tabel. 4.12 : Koefisien Energi ( $\alpha$ )

Saluran	nilai $\alpha$		
	terkecil	rata-rata	terbesar
Saluran biasa tanpa pelimpah	1,10	1,15	1,20
Sungai alam dan sungai deras	1,15	1,30	1,50
Sungai tertutup es	1,20	1,50	2,00
Lembah sungai ter-hempas banjir	1,50	1,75	2,00

Sumber : Methods of Determination of the Kinetic Energy factor, " The Port Engineer ", Steponas Kolupa  
ila - " Hidrolika Saluran Terbuka " Chow VT.

Tinggi tekanan total pada kedua ujung penampang ialah :

$$H_1 = EL_{w1} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g}$$

dan

$$H_2 = EL_{w2} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g}$$

Sehingga  $H_1 = H_2 + h_f + h_e$

Persamaan terakhir ini merupakan persamaan dasar dalam metode tahapan standard.

Tahap-tahap perhitungan profil aliran Parit Raya disusun dalam bentuk tabel 4.13 a dan b, masing-masing untuk kondisi musim hujan dan musim kemarau, yang ditinjau dari hilir ke hulu.

- Kolom 1. Penampang yang ditunjukkan dengan nomor stasiun.
- Kolom 2.  $x$  yakni jarak atau panjang bagian sungai - diantara penampang-penampang yang sama dengan selisih nomor stasiun yang membatasinya.
- Kolom 3.  $Q$  yakni debit aliran pada masing-masing stasiun yang ditentukan dari debit harian tabel-3.14.
- Kolom 4.  $B$  yaitu lebar dasar penampang sungai pada setiap stasiun.
- Kolom 5.  $Z$  merupakan kemiringan talud pada masing-masing penampang sungai.
- Kolom 6.  $I_0$  yakni kemiringan dasar sungai di sepanjang bagian sungai yang ditinjau (Tabel 2.6 dan gambar 2.4)
- Kolom 7.  $EL_0$  yaitu tinggi dasar sungai yang merupakan-elevasi dasar sungai dari muka air laut diambil dari tabel 2.6 dan gambar 2.4.
- Kolom 8.  $Y_n$  merupakan kedalaman air normal sesuai dengan debit  $Q$  (kolom 3), lebar dasar  $B$  (kolom-4), kemiringan talud (kolom 5) dan kemiringan dasar  $I_0$  (kolom 6), yang dihitung dengan cara coba-coba berdasarkan rumus Manning dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{\{(B + z Y_n) Y_n\}^5}{(B + 2 Y_n \sqrt{1+z^2})^2} = \left[ \frac{n \cdot Q}{\sqrt{I_0}} \right]^3$$

Kolom 9.  $y_c$  merupakan kedalaman air kritis sesuai dengan debit  $Q$  (kolom 3), lebar dasar  $B$  (kolom 4) kemiringan talud (kolom 5) dan kemiringan dasar  $I_0$  (kolom 6) yang dihitung dengan cara coba-coba berdasarkan rumus Manning dengan menggunakan persamaan

$$\frac{\{(B + z y_c) y_c\}^3}{B + 2 z y_c} = \left[ \frac{Q}{\sqrt{g}} \right]^2$$

$$g = 9,8 \text{ m/det}^2$$

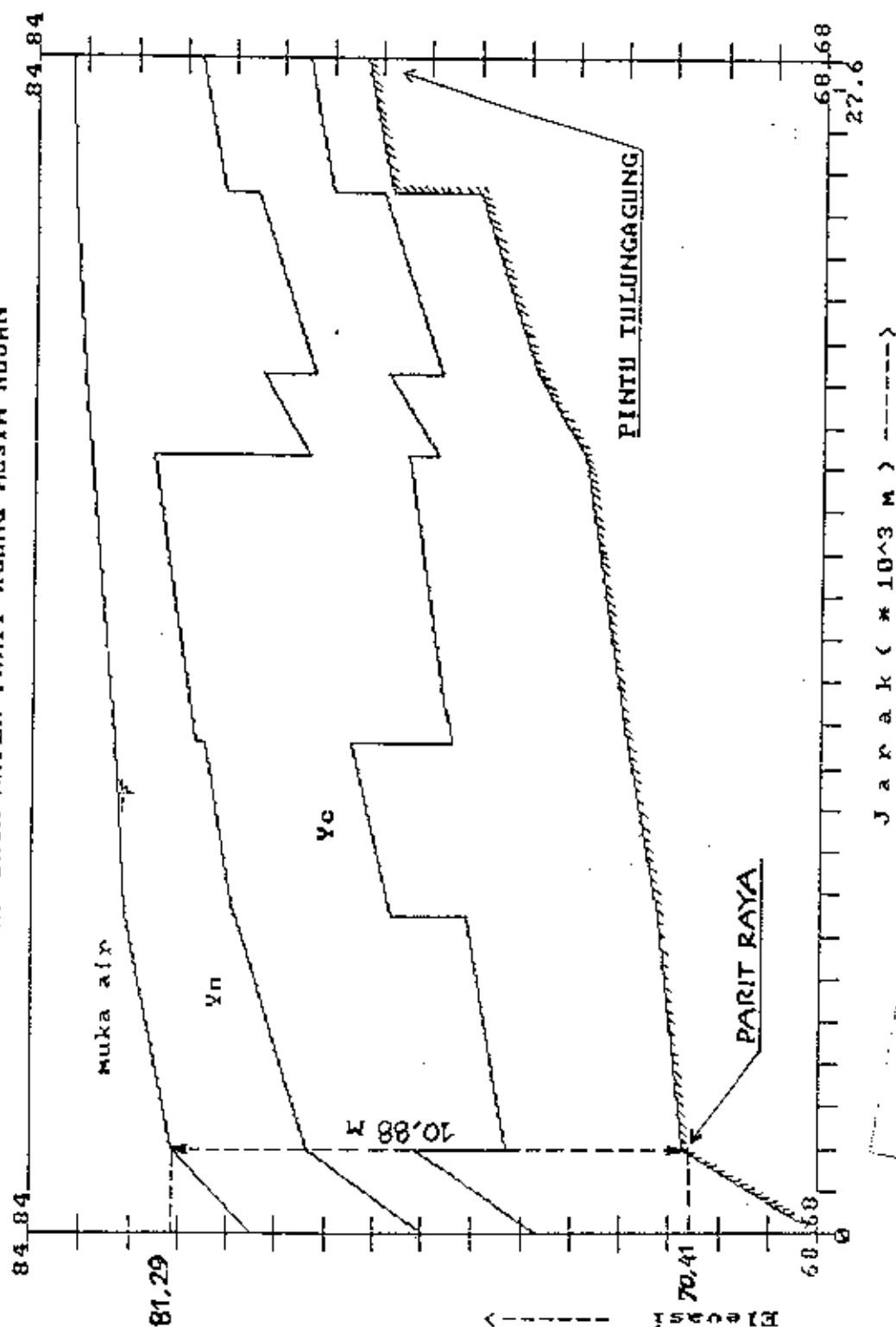
Kolom 10.  $EL_w$  yakni ketinggian muka air yang merupakan elevasi muka air sungai dari muka air laut yang dihitung dengan cara coba-coba dan selanjutnya diperiksa berdasarkan perhitungan dalam kolom-kolom berikutnya.  
Untuk langkah awal diambil sama dengan elevasi muka air Parit Agung di tempat pertemuannya dengan Parit Raya (Gambar 4.2.a dan 4.2 b)

Kolom 11.  $y$  yang merupakan kedalaman air yang terjadi, nilainya sama dengan  $EL_w - EL_0$

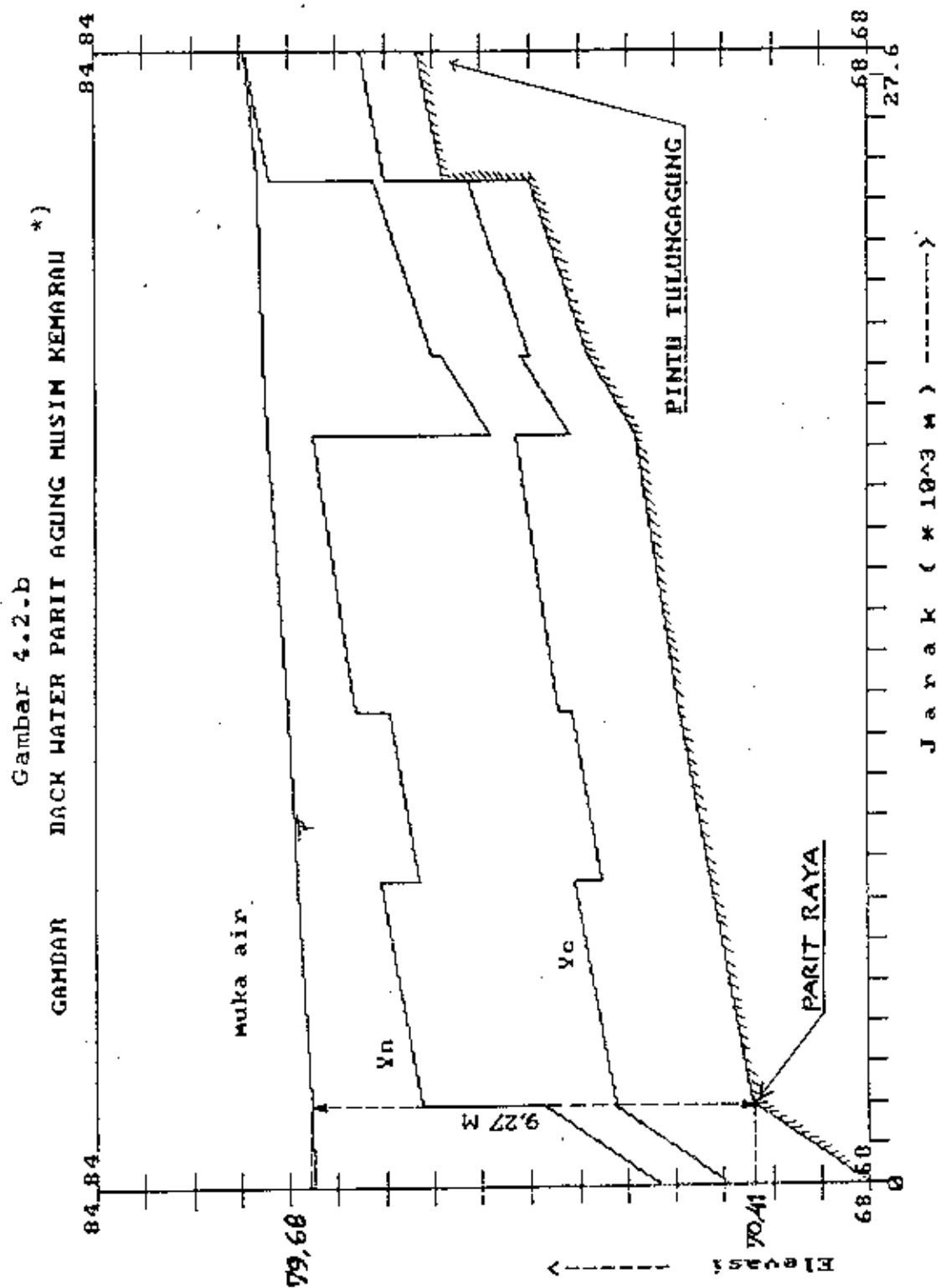
Kolom 12.  $A$  yakni luas penampang basah sesuai dengan kedalaman air kolom 11, yang dihitung dengan rumus :  $A = (B + z y) y$

Gambar 4.2.a

GAMBAR BAK WAT PARIT AGUNG MUSIM HUJAN \*)



\*) Sumber : "Study Pengaruh Terowongan Tulungagung Selatan terhadap Tata Guna Tanah daerah sekitarnya, Bentura LF Pieter dan Choliz R.



\*) . Sumber : " Studi Pengaruh Terowongan Tulungagung Se -  
latan terhadap Tata Guna Tanah daerah se -  
kitarnya , Bentura LF Pieter dan Cholís R.

Kolom 13 :  $V$  yakni kecepatan aliran rata-rata yang sesuai dengan debit  $Q$  pada kolom 3 dan luas penampang basah  $A$  kolom 12, dihitung dengan rumus :

$$V = \frac{Q}{A}$$

Kolom 14 :  $\frac{V^2}{2g}$  yaitu tinggi kecepatan sesuai dengan harga kecepatan aliran rata-rata  $V$  (kolom 13).

Kolom 15 :  $H_p$  merupakan tinggi tekanan total perkiraan, sama dengan jumlah  $EL_w$  kolom 10 dengan tinggi kecepatan  $\frac{V^2}{2g}$  dari kolom 14.

Kolom 16 :  $O$  yakni keliling penampang basah sesuai dengan kedalaman air kolom 11, yang dihitung dengan rumus :

$$O = B + 2 y \sqrt{1 + z^2}$$

Kolom 17 :  $R$  yaitu jari-jari hidrolis sesuai dengan luas penampang basah  $A$  kolom 12 dan keliling basah  $O$  kolom 16, yang dihitung dengan rumus :

$$R = \frac{A}{O}$$

Kolom 18 : jari-jari hidrolis dipangkatkan  $4/3$ .

Kolom 19 :  $I_f$  yaitu kemiringan garis energi (geseran) sesuai dengan kecepatan  $V$  pada kolom 13 dan  $R^{4/3}$  dari kolom 18 dengan rumus :

$$I_f = \frac{n^2 \cdot V^2}{R^{4/3}}$$

Kolom 20 :  $\bar{I}_f$  yaitu kemiringan geseran rata-rata pada bagian sungai di sepanjang jarak bagian sungai , yang merupakan rata-rata hitung dari kemiringan geseran pada kolom 19 dengan tahap sebelumnya, yakni :

$$\bar{I}_{f_i} = \frac{I_{f(i-1)} + I_{f_i}}{2}$$

Kolom 21 :  $h_f$  yang merupakan kehilangan tekanan akibat geseran, sama dengan hasil kali antara nilai-nilai pada kolom 2 dan kolom 20.

Kolom 22 :  $H_j$  yang merupakan tinggi tekanan total dihitung dengan menjumlahkan nilai-nilai  $h_f$  pada kolom-21 dengan kolom 22 pada tahap sebelumnya.

Bila harga tinggi tekanan total yang diperoleh tidak mendekati harga tinggi tekanan total yang diperkirakan pada kolom 15, maka dicoba harga tinggi muka air  $EL_w$  (kolom 10) yang lainnya dan seterusnya sehingga diperoleh kesesuaian.

Dari hasil perhitungan di atas, kemudian disajikan pada gambar 4.3 a dan 4.3 b , yang menunjukkan bahwa di sepanjang bagian Parit Raya dari stasiun 1 sampai dengan stasiun 8 atau sepanjang 8,5 km dibagian hulu muara pertemuan Parit Raya dengan Parit Agung terjadi back water.

Selanjutnya, back water ini dapat menyebabkan luapan air-



yakni pada saat musim hujan terjadi pada bagian stasiun 1 sampai dengan stasiun 6 atau sepanjang 5,75 km , serta pada saat musim kemarau terjadi di sekitar stasiun 4 , kurang lebih 3,4 km di bagian hulu dari muara pertemuan Parit Raya dengan Parit Agung.

Sehubungan dengan angkutan sedimen pada alur Parit Raya, maka kondisi ini memberikan kecenderungan - kecenderungan sebagai berikut :

- a. Sedimentasi akan terjadi pada bagian di sekitar muara pertemuan Parit Raya dengan Parit Agung dan karena terjadinya back water yang terus menerus, maka sedimentasi ini akan bergerak ke arah hulu.
- b. Kemiringan dasar sungai pada bagian di sekitar muara pertemuan Parit Raya dengan Parit Agung akan mengalami aggradasi sampai mendekati kondisi kesetimbangan dinamis yakni :

$$Q_s \cdot D_{50} = Q_w \cdot I_o \quad *)$$

dimana :

$Q_a$  = debit aliran sedimen (bed load)

$D_{50}$  = diameter butiran sedimen dimana 50 % dari campuran material sedimen lolos ayakan (lebih halus).

$Q$  = debit air

---

\*) Sesudah Lane (1955), " Kumpulan Kuliah Sungai ",  
Sofia, F, Ir.

$I_o$  = kemiringan dasar sungai

Sehingga, untuk

$$Q = 940165660,8 \text{ m}^3/\text{tahun} \quad (\text{Tabel 3.14})$$

$$Q_s = 13350,2987 \text{ m}^3/\text{tahun} \quad (\text{Tabel 4.7})$$

$$D_{50} = 0,25 \text{ mm} \quad (\text{Gambar 2.2})$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } I_o &= \frac{Q_s \cdot D_{50}}{Q} \\ &= \frac{13350,2987 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3}}{940165660,8} \end{aligned}$$

$$I_o = 3,55 \cdot 10^{-9} \approx 0$$

Dengan demikian dasar saluran Parit Raya pada bagian-di sekitar muara pertemuannya dengan Parit Agung secara terus menerus akan mengalami aggradasi sedemikian-rupa sehingga kemiringan dasarnya mendekati kondisi-mendatar.

- c. Kondisi kecepatan aliran yang menjadi terlalu kecil - serta profil muka air yang relatif datar, mendekati - bentuk muka air pada genangan waduk, maka untuk selanjutnya sedimentasi pada bagian di sekitar muara pertemuan Parit Raya dengan Parit Agung sampai dengan Parit Agung di sebelah hilir dari pertemuan tersebut dapat dianggap terdiri dari endapan bed load maupun suspended load.

## B A B - V

### ANALISA PENGENDALIAN SEDIMEN

#### 5.1. U m u m

Kondisi sungai yang banyak mengandung material-sedimen pada umumnya dibagi menjadi 3 bagian, yakni :

a. Daerah hulu (Up stream) pada ketinggian  $> + 500$  m - dari muka air laut.

Daerah ini merupakan sumber dari angkutan material-sedimen dan pada umumnya mempunyai karakter sebagai berikut :

- kemiringan dasar sangat besar
- profil sungai sangat tidak beraturan
- terjadi banyak pengikisan, arus deras dengan kecepatan tinggi.
- angkutan sedimen berupa batu-batu besar, kerikil-dan pasir serta material halus.
- bagian ini disebut dengan zone pengikisan.

b. Daerah tengah (middle stream) pada ketinggian + 200 m sampai dengan + 500 m dari muka air laut.

Daerah ini merupakan daerah transportasi material - sedimen dan pada umumnya mempunyai karakter sebagai berikut :

- aliran relatif lebih tenang dibanding dengan bagian hulu.
- kemiringan dasar masih cukup curam
- kecepatan aliran masih cukup besar

- angkutan material sedimen berupa kerikil, pasir - dan material halus.
- mulai ada pengendapan sedimen
- bagian ini disebut zone keseimbangan

c. Daerah hilir (down stream) pada ketinggian  $< 200$  m- dari muka air laut.

Daerah ini merupakan daerah pengendapan material se- dimen dan pada umumnya mempunyai karakter sebagai - berikut :

- aliran lebih tenang
- kemiringan dasar landai
- elevasi muka air tak berbeda jauh dengan daratan
- pada waktu banjir sering terjadi peluapan
- banyak terjadi pengendapan
- aliran tidak stabil, berpindah-pindah, berbelok- belok dan didekat muara bercabang-cabang serta - cenderung membentuk delta.
- bagian ini disebut zone pengendapan

Untuk mengatasi masalah-masalah yang dapat di- timbulkan sehubungan dengan angkutan material sedimen pada masing-masing daerah tersebut, maka perlu dilaku- kan tindakan dan atau dibuat bangunan pengendalian - yang sesuai dengan karakteristik sampai pada masing - masing daerah, yang pada umumnya adalah sebagai beri- kut :

a. Daerah Up Stream.

- Step dam
- terrasering
- sabo dam/check dam
- konsolidasi dam
- konservasi hutan

b. Daerah Middle Stream :

- Sabo dam / check dam
- konsolidasi dam
- perbaikan sungai

c. Daerah Down Stream :

- Kantong lahar
- Ground sill
- perbaikan alur sungai

5.2. Pengendalian Erosi di DAS Parit Raya.

Tingkat laju kehilangan tanah akibat erosi di DAS Parit Raya telah dapat diperkirakan pada Bab IV, yakni sebesar 0,088 mm per tahun.

Menurut Bennet (1936) dan Hudson (1976) diperkirakan - bahwa pembentukan tanah atas (top soil) secara alamiah setebal 25 mm, diperlukan jangka waktu selama 300 tahun yang kemudian ditetapkan sebagai tingkat laju kehilangan tanah yang diijinkan (soil loss tolerance).

Dengan demikian tingkat laju kehilangan tanah akibat erosi di DAS Parit Raya sebesar 0,088 mm per-tahun, apabila tidak ditanggulangi secara dini, maka dibawah kondisi alami selama jangka waktu 300 tahun, diperkirakan akan terjadi kehilangan tanah setebal :

$$0,088 \text{ mm/tahun} \times 300 \text{ tahun} = 26,4 \text{ mm}$$

Hal ini menunjukkan bahwa tingkat laju kehilangan tanah di DAS Parit Raya melebihi soil loss tolerance. Oleh karena itu perlu dilakukan pekerjaan-pekerjaan-pengendalian erosi di DAS Parit Raya, meliputi :

- membuat lereng-lereng pegunungan menjadi lebih landai dari kemiringan kritis.
- Mencegah terjadinya erosi alur dengan memperpendek lereng dan mengurangi kedalaman alur-alur erosi
- meningkatkan daya tahan lereng terhadap terpaan titik air hujan dan terhadap gaya seret aliran air - dengan usaha-usaha penanaman tumbuh-tumbuhan penutup dengan sistem penanaman kontour maupun secara-strip.

### 5.3. Pengendalian Sedimentasi Pada Alur Parit Raya dan Parit Agung di bagian Hilir.

Sedimentasi adalah suatu proses pengendapan material sedimen hasil erosi dari suatu tempat yang terangkut oleh aliran air dan kemudian diendapkan di tempat lain.

Dasar-dasar pertimbangan yang dipakai untuk melakukan pengendalian sedimentasi pada alur Parit Raya dan Parit Agung adalah sebagai berikut :

- Fungsi Parit Agung dan Parit Raya, yang selain digunakan sebagai saluran pematuan banjir di musim hujan juga sebagai penampungan air untuk keperluan PLTA Tulungagung selatan dan untuk meningkatkan taraf muka air tanah daerah sekitarnya di musim kemarau.<sup>\*)</sup>
- Kondisi aliran Parit Agung<sup>\*)</sup> dan Parit Raya yang selalu menunjukkan terjadinya back water akibat operasi pintu terowongan Tulungagung selatan pada musim-kemarau maupun musim penghujan.
- Jumlah dan karakteristik material sedimen yang terangkut, meliputi bed load dan suspended load serta kondisi kapasitas tampungan di kedua Parit tersebut
- Alokasi waktu pelaksanaan proyek perbaikan Parit Raya yang baru dimulai pada tahun 1996.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas, maka pengendalian sedimen pada alur Parit Raya dan Parit Agung sampai dengan tahun 1996 diarahkan pada usaha perbaikan alur dengan cara pengerukan endapan sedimen.

---

\*) " Studi Pengaruh Terowongan Tulungagung Selatan terhadap tata guna air di daerah sekitarnya " Bentura LF Pieter dan Cholis Reza.

Sedangkan untuk menghitung akumulasi pengendapan sedimen yang merupakan volume pengerukan yang harus dilakukan, maka digunakan kurva GM Brune <sup>\*)</sup>, yang merupakan kurva hubungan antara besarnya trap efisiensi tampungan dengan perbandingan kapasitas inflownya (Gambar 5.1)

Trap efesiensi ialah perbandingan antara banyaknya sedimen yang diendapkan dengan total sedimen inflow dalam satuan volume.

Secara teoritis trap efesiensi tampungan akan berkurang secara kontinyu karena kapasitasnya makin lama makin berkurang akibat adanya sedimentasi. Satuan dari perhitungan sedimen inflow adalah satuan berat persatuan waktu, maka satuan ini harus diubah menjadi satuan volume persatuan waktu, agar dapat ditentukan akumulasi pengendapan sedimen persatuan waktu dan sekaligus dapat ditaksir waktu yang diperlukan untuk memenuhi kapasitas mati (dead storage) yang tersedia.

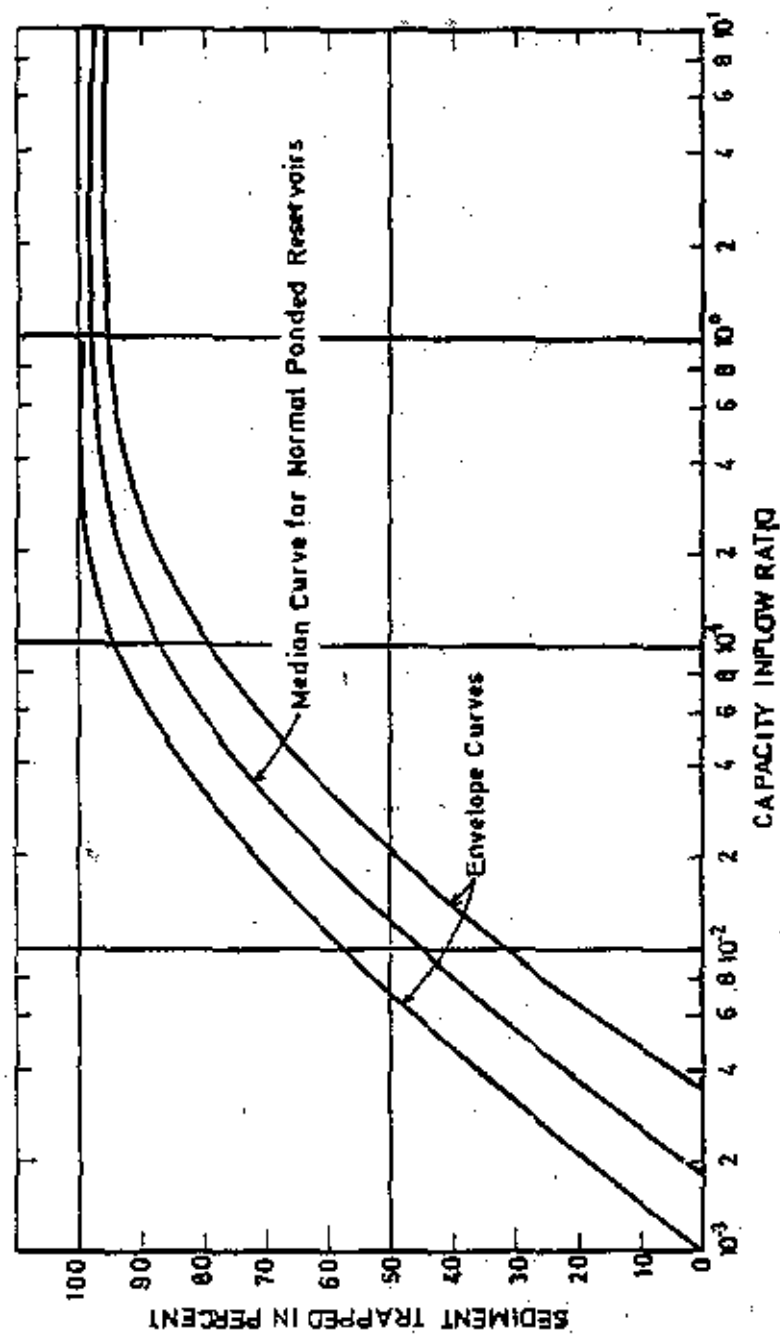
Untuk merubah satuan sedimen inflow dari satuan berat menjadi satuan volume, maka dihitung terlebih dahulu density sedimen.

Untuk menentukan besarnya density sedimen yang mengendap, maka dipakai perumusan yang dikembangkan oleh Lane dan Koezler sebagai berikut :

\*) . Trap efficiency of Reservoir " Brune GM - " Design of Small Dam " USBR.







Gambar 5.1. Kurva Gudar M Brune

$$\gamma = (Wc. Pc + Wm. Pm + Ws. Ps) . 0,01589 \text{ (t/m}^3\text{)} \quad ^*)$$

dimana :

$\gamma$  = density mula-mula (ton/m<sup>3</sup>)

Pc,Pm,Ps = prosentase kandungan clay, silt dan sand -  
dari sedimen yang masuk (%)

Wc,Wm,Ws = koefisien-koefisien untuk clay, silt dan -  
sand yang dipengaruhi oleh type mekanisme-  
pengoperasian tampungan seperti ditunjuk -  
kan pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.1. Koefisien-koefisien untuk perhitungan den-  
sity mula-mula.

Type	Pengoperasian	We	Wm	Ws
I	Sedimen terendam atau hampir - terendam	26	70	97
II	Tampungan sedang dengan fluk - tuasi besar	35	71	97
III	Tampungan biasanya kosong	40	72	97
IV	Sedimen dasar sungai	60	73	97

Sedangkan harga density rata-rata sedimen yang  
diendapkan dalam T tahun operasi diperoleh dari persa-  
maan Muller sebagai berikut :

\*) . "Density of sediments Deposited in Reservoir",  
Lane EW dan Kuzler V.A—"Hydrology for Engi -  
neers ", Linsley Jr. R.K dan Kohler Max. A.

$$W_T = \gamma + 0,4343 \cdot K \cdot \frac{T}{T-1} (\ln T) - 1 \quad *)$$

dimana :  $W_T$  = density rata-rata sesudah T tahun operasi (ton/m<sup>3</sup>)

$\gamma$  = density mula-mula (ton/m<sup>3</sup>)

K = konstanta untuk Clay, silt dan clay - yang dipengaruhi oleh type mekanisme pengoperasian tampungan, seperti tertera dibawah ini.

Tabel 5.2. Konstanta-konstanta untuk perhitungan density rata-rata.

Type	Clay	Silt	Sand
I	16	5,70	0
II	8,4	1,80	0
III	0	0	0
IV	0	0	0

a. Parit Raya (disekitar pertemuannya dengan Parit Agung)

Data hasil analisa distribusi butiran sedimen- seperti ditunjukkan pada gambar 2.2, terdiri dari :

Clay = 2 %

\*). " Density of Sediments Deposited in Reservoir ", Lane EW dan Koezler VA.—

" Hydrology for Engineers ", Linsley, Jr. R.K - dan Kohler Max. A.

Clay = 2 %

Silt = 14 %

Sand = 84 %

$$\begin{aligned} \text{maka :} &= (60. 0,02 + 73. 0,14 + 97. 0,84) \\ &= 1,4762 \text{ ton/m}^3 \end{aligned}$$

Sesuai dengan dasar-dasar pertimbangan fungsi dan kondisi Parit Raya maka jenis mekanisme pengoperasian - tampungan diambil type IV, dengan harga  $K = 0$

$$\text{Sehingga : } W_T = \gamma = 1,4762 \text{ ton/m}^3$$

Debit inflow rata-rata tahunan (Tabel 3.14) :

$$\begin{aligned} &= (31. 46,029 + 28. 52,964 + 31. 45,314 + 30. 30,972 + \\ &\quad 31. 31,111 + 30. 16,602 + 31. 13,926 + 31. 6,8 + \\ &\quad 30. 19,933 + 31. 25,478 + 30. 33,237 + 31. 37,027) \times \\ &\quad 24 \times 3600 \\ &= 940165660,80 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Sedimen inflow rata-rata tahunan ( = total angkutan - sedimen ) = 692391,906 ton/tahun

Kapasitas tampungan ditinjau pada elevasi + 79,62 m  
= 2059558,7 m<sup>3</sup> (Gambar 2.4).

Perhitungan :

- Pada saat  $T = 0$  tahun

Ratio kapasitas inflow

$$= \frac{\text{Kapasitas Parit Raya pada tahun ke T}}{\text{Debit inflow rata-rata tahunan}}$$

$$= \frac{2.059.558,7}{940165660,80} = 0,002$$

Dari kurva Median Brune, didapat trap efisiensi

$$= 3,125 \%$$

- Pada saat  $T = 1$  tahun

$$w_1 = 1,4762 \text{ ton/m}^3$$

Ditaksir trap efisiensi = 3,12 %

$$\text{Volume endapan} = \frac{692391,906}{1,4762} \times 0,0312 = 14633,943 \text{ m}^3$$

Ratio Kapasitas Inflow :

$$= \frac{2059558,7 - 14633,943}{940165660,80} = 0,00217$$

Sehingga dari kurva median Brune, didapat trap efisiensi = 3,12 % , sesuai dengan taksiran -- benar.

Jadi volume pengerukan yang harus dilakukan tiap tahun pada alur Parit Raya adalah  $14633,943 \text{ m}^3$ .

Apabila dianggap sejak pengerukan tahun 1976 - yang lalu tidak pernah dilakukan pengerukan sampai dengan tahun 1996 saat dimulai pelaksanaan Proyek Perbaikan Parit Raya, maka :

- Pada saat  $T = 20$  tahun

$$w_{20} = 1,4762 \text{ ton/m}^3$$

Ditaksir trap efisiensi = 2 %

$$\begin{aligned}\text{Volume endapan} &= \frac{692391,906}{1,4762} \times 0,02 \times 20 \\ &= 187614,661 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ratio kapasitas Inflow} &= \frac{2\,059\,558,7 - 187\,614,661}{940\,165\,660,80} \\ &= 0,00199\end{aligned}$$

Sehingga dari kurva Median Brune, didapat Trap efisiensi = 2 % , sesuai dengan taksiran ---- benar.

Jadi pada tahun 1996 volume pengerukan yang harus dilakukan terhadap Parit Raya adalah sebesar :

$$187.614,661 \text{ m}^3$$

- b. Parit Agung (di bagian hilir dari pertemuannya dengan Parit Raya).

Debit inflow rata-rata tahunan :

Parit Raya	=	940.165.660,80	m <sup>3</sup> /tahun
Parit Agung <sup>*)</sup>	=	488.994.969,60	m <sup>3</sup> /tahun
Total	=	1.429.160.630,40	m <sup>3</sup> /tahun

Sedimen inflow rata-rata tahunan :

Parit Raya	=	692.391,906 - 14.633,943	=	677.757,963	t/th
Parit Agung <sup>*)</sup>	=		=	150.364,580	t/th
T o t a l			=	828.122.543	t/th

---

<sup>\*)</sup>. " Studi Sedimentasi di Parit Agung Tulungagung ,"  
--- Supranyoto Agung.

Kapasitas tampungan pada elevasi + 79,50 m <sup>\*\*)</sup>

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Parit Raya} & = & 1.880.000 \text{ m}^3 \text{ (gambar 2.4)} \\
 \text{Parit Agung}^{*}) & = & 5.638.582 \text{ m}^3 \\
 \hline
 \text{T o t a l} & = & 7.518.582 \text{ m}^3
 \end{array}$$

Perhitungan :

- Pada saat  $T = 0$  tahun

$$\text{Ratio kapasitas inflow} = \frac{7.518.582}{1429160630,40} = 0,00526$$

Dari Kurva Median Brune, didapat trap efisiensi  
= 27,10 %

- Pada saat  $T = 1$  tahun

$$W_1 = 1,4441 \text{ ton/m}^3 \text{ *)}$$

Ditaksir trap efisiensi = 27 %

$$\begin{aligned}
 \text{Volume endapan} &= \frac{828.122,543}{1,4441} \times 27 \% \\
 &= 154.832,1353 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ratio kapasitas inflow} &= \frac{7.518.582 - 154.832,1353}{1429160630,40} \\
 &= 0,00515
 \end{aligned}$$

Dari Kurva Median Brune, didapat trap efisiensi  
= 27 %, sesuai dengan taksiran---benar.

Jadi volume pengerukan yang harus dilakukan terhadap  
Parit Agung adalah sebesar 154.832,1353 m<sup>3</sup>.

---

\*) . " Study Sedimentasi di Parit Agung Tulungagung ",  
Supranyoto Agung.

\*\*). " Study Pengaruh terowongan Tulungagung Selatan -  
terhadap Tata Guna Tanah air didaerah sekitarnya ",  
Bentura, LF, Pieter dan Cholis Reza.

#### 5.4. Analisa Kapasitas Aliran Parit Raya.

Analisa ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan penampang saluran Parit Raya untuk mengalirkan debit banjir.

Metode yang dipakai untuk mengontrol kemampuan penampang tersebut adalah slope area method atau metode kemiringan - luas \*).

Tahap-tahap perhitungan kapasitas aliran Parit Raya dengan metode kemiringan luas adalah sebagai berikut :

- a. Membagi saluran Parit Raya menjadi beberapa bagian yang dibatasi oleh kedua potongan penampang melintang, sesuai dengan pembagian yang sudah dilakukan pada tabel 2.6 dan gambar 2.4.

Pembagian ini didasarkan pada kondisi saluran yang relatif lurus serta perubahan-perubahan penampang yang relatif kecil.

- b. Menghitung besarnya A dan R setiap potongan penampang melintang saluran.

Luas penampang basah saluran (A) didasarkan pada keadaan penampang saluran terisi penuh oleh air, sehingga kedalaman aliran (h) dianggap mencapai elevasi permukaan tanggul terendah pada setiap penampang yang ditinjau (Bank - full Capacity).

- c. Dari nilai A, R dan n yang telah diketahui, maka dihitung hantaran  $K_u$  dan  $K_d$  dengan rumus :

$$K_u = \frac{1}{n} A_u R_u^{2/3}$$

$$K_d = \frac{1}{n} A_d R_d^{2/3}$$

---

\*) . Sumber : " Open Channel Hydraulics ", Chow, VT



Dimana :

$K_u$  dan  $K_d$  masing-masing merupakan hantaran dibagian-upstream dan down stream pada suatu bagian saluran - yang ditinjau. Nilai  $n$  diambil sama dengan 0,04 (Bab IV)

d. Menghitung hantaran rata-rata  $K$  dengan rumus :

$$K = \sqrt{K_u \cdot K_d}$$

e. Dianggap tinggi kecepatan = 0 dan kemiringan energi-adalah sama dengan terjunan  $F$  dibagi dengan panjang- $L$  dibagian saluran yang ditinjau, atau

$$I_f = I_w = \frac{F}{L}$$

Dengan demikian debitnya dapat dihitung dengan rumus

$$Q = K \sqrt{I_f}$$

yang merupakan perkiraan awal dari debit tersebut.

f. Dianggap debit sama dengan perkiraan awal, sehingga-tinggi kecepatan di up stream dan down stream dapat-dihitung dengan rumus :

$$\alpha_u \frac{v_u^2}{2g} \quad \text{dan} \quad \alpha_d \frac{v_d^2}{2g}$$

Dengan demikian kemiringan energi sama dengan

$$I_f = \frac{h_f}{L}$$

$$\text{dimana : } h_f = F + K \left( \alpha_u \frac{v_u^2}{2g} - \alpha_d \frac{v_d^2}{2g} \right)$$

$K = 1,0$  ; bagian saluran menyempit ( $v_u < v_d$ )

$K = 0,5$  ; bagian saluran melebar ( $v_u > v_d$ )

$\alpha_u = \alpha_d = 1,1$  (Bab IV)

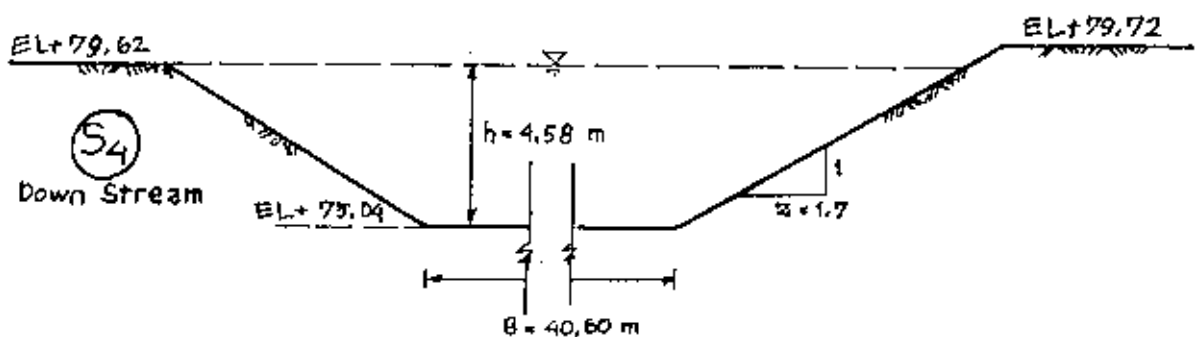
g. Debitnya dihitung dengan memakai kemiringan yang telah dikoreksi pada tahap ke f , sehingga :

$$Q = K \sqrt{\frac{h_f}{L}}$$

Ulangi mulai dari tahap f dengan memakai Q perkiraan - sama dengan Q yang dihitung pada tahap g sebelumnya , sampai didapatkan debit yang diperkirakan sama dengan - debit yang dihitung.

Debit ini merupakan kapasitas aliran dari Parit Raya - pada bagian saluran yang ditinjau.

Dibawah ini disajikan contoh perhitungan pada - bagian saluran mulai dari potongan penampang melintang  $S_4$  hingga  $S_5$ .



$$\begin{aligned} \text{Maka : } A_d &= ( B + z h ) h \\ &= ( 40,60 + 1,7 \cdot 4,58 ) 4,58 \\ &= 221,608 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$P_d = B + 2 \cdot h \sqrt{1 + z^2}$$

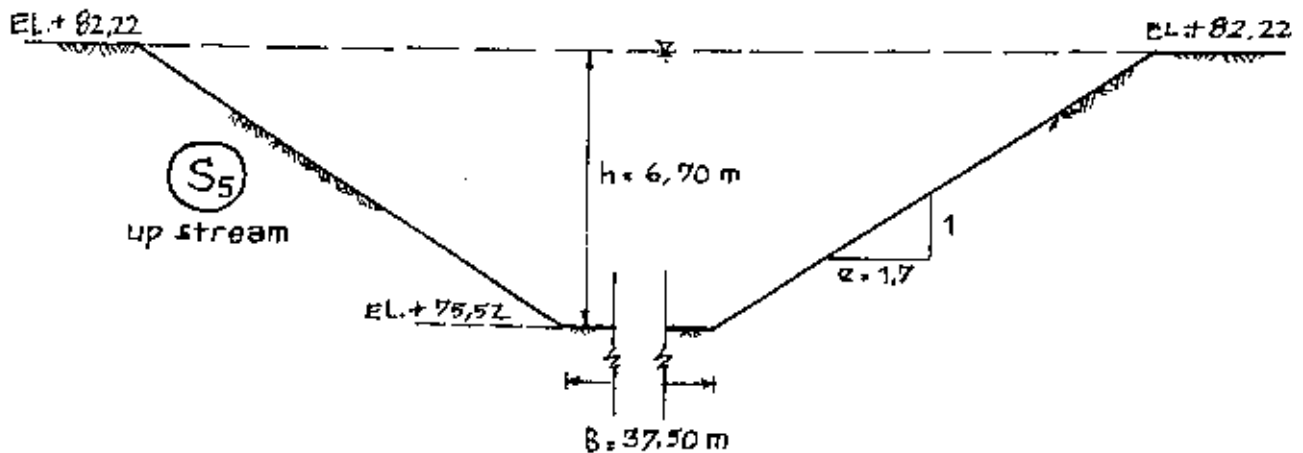
$$= 40,60 + 2 \cdot 1,7 \sqrt{1 + 1,7^2} = 58,666 \text{ m}$$

$$R_d = \frac{A_d}{P_d} = \frac{221,608}{58,666} = 3,777 \text{ m}$$

$$K_d = \frac{1}{n} A_d R_d^{2/3}$$

$$= \frac{1}{0,04} \cdot 221,608 (3,777)^{2/3}$$

$$= 13437,629 \text{ m}^3/\text{det}$$



maka :  $A_u = (B + z h) h$

$$= (37,50 + 1,7 \cdot 6,7) 6,7 = 327,563 \text{ m}^2$$

$$P_u = B + 2 \cdot h \sqrt{1 + z^2}$$

$$= 37,50 + 2 \cdot 6,7 \sqrt{1 + 1,7^2} = 63,929 \text{ m}$$

$$R_u = \frac{A_u}{P_u} = \frac{327,563}{63,929} = 5,124 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 K_u &= \frac{1}{n} \cdot A_u R_u^{2/3} \\
 &= \frac{1}{0,04} \cdot 327,563 (5,124)^{2/3} \\
 &= 24338,835 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= \sqrt{K_u \cdot K_d} \\
 &= \sqrt{13437,629 \cdot 24338,835} \\
 &= 18084,696 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Perkiraan I :  $F = 82,22 - 79,62 = 2,6 \text{ m}$

$$I = \frac{F}{L} = \frac{2,6}{900} = 0,002889$$

Sehingga :  $Q = K \sqrt{I}$

$$\begin{aligned}
 &= 18084,696 \sqrt{0,002889} \\
 &= 972,023 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Perkiraan II :  $Q = 972,023 \text{ m}^3/\text{det}$

$$v_u = \frac{Q}{A_u} = \frac{972,023}{327,563} = 2,967 \text{ m/det}$$

$$v_d = \frac{Q}{A_d} = \frac{972,023}{221,608} = 4,386 \text{ m/det}$$

$v_u < v_d$  , maka  $k = 1,0$

$$\begin{aligned}
 h_f &= F + k \left( \alpha_u \frac{v_u^2}{2g} - \alpha_d \frac{v_d^2}{2g} \right) \\
 &= 2,6 + 1,0 \left\{ 1,1 \frac{(2,967)^2}{2 \cdot 9,8} - 1,1 \frac{(4,386)^2}{2 \cdot 9,8} \right\} \\
 &= 1,934 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$I_f = \frac{h_F}{L} = \frac{1,934}{900} = 0,002149$$

Sehingga :  $Q = K \sqrt{I_f}$

$$= 18084,696 \sqrt{0,002149}$$

$$= 838,336 \text{ m}^3/\text{det} \text{ --- tidak sama dengan per-}$$

kiraan.

Perkiraan III :

$$Q = 838,336 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$v_u = \frac{Q}{A_u} = \frac{838,336}{327,563} = 2,559 \text{ m/det}$$

$$v_d = \frac{Q}{A_d} = \frac{838,336}{221,608} = 3,783 \text{ m/det}$$

$$v_u < v_d \text{ maka } k = 1,0$$

$$h_F = F + k \left( \alpha_u \frac{v_u^2}{2g} - \alpha_d \frac{v_d^2}{2g} \right)$$

$$= 2,6 + 1,0 \left\{ 1,1 \cdot \frac{(3,783)^2}{2 \cdot 9,8} - 1,1 \cdot \frac{(2,559)^2}{2 \cdot 9,8} \right\}$$

$$= 2,164 \text{ m}$$

$$I_f = \frac{h_F}{L} = \frac{2,164}{900} = 0,002405$$

Sehingga :  $Q = K \sqrt{I_f}$

$$= 18084,696 \sqrt{0,002405}$$

$$= 886,877 \text{ m}^3/\text{det} \text{ -- tidak sama dengan perkiraan}$$

Perkiraan IV :

$$Q = 886,877 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$v_u = \frac{Q}{A_u} = \frac{886,877}{327,563} = 2,707 \text{ m/det}$$

$$v_d = \frac{Q}{A_d} = \frac{886,877}{221,608} = 4,002 \text{ m/det}$$

Sedangkan  $Q_{10}$  sebagai kapasitas kontrol ditentukan dengan jalan mengalikan debit banjir puncak dari hidrograf banjir rencana dengan periode ulang 10 tahun (Tabel 3.9) - dengan hasil perbandingan antara luas DAS yang ditinjau - sampai dengan titik  $S_5$  ( $= A_5$ ) terhadap luas DAS Parit Raya seluruhnya ( $= A$ )

Setelah dihitung :

$$A_5 = 584,93 \text{ km}^2 ; A = 708,72 \text{ km}^2$$

$$Q_p = 2165,917 \text{ m}^3/\text{det} \text{ (Tabel 3.9)}$$

Sehingga kapasitas kontrol :

$$Q_{10} = \frac{A_5}{A} \cdot Q_p = \frac{584,93}{708,72} \cdot 2165,917$$

$$Q_{10} = 1787,603 \text{ m}^3/\text{detik}.$$

Selanjutnya perhitungan disajikan dalam tabel 5.5 , yang - menunjukkan bahwa walaupun tanpa memperhitungkan terjadi - nya back water serta aggradasi dasar saluran akibat sedimen tasi pada Parit Raya dan atau Parit Agung, ternyata selu - ruh bagian Parit Raya terbukti tidak mampu mengalirkan de - bit banjir rencana ( $Q_{10}$ ).

Untuk itu perlu diadakan perbaikan alur Parit Raya - dalam rangka meningkatkan daya hantaran (K).

Karena hantaran K merupakan fungsi dari luas penampang ba - sah A dan jari-jari hidrolis R, maka perbaikan alur dimak - sudkan untuk memperbesar luas penampang basah.

Usaha untuk memperbesar luas penampang basah ini dibatasi - oleh pertimbangan-pertimbangan bahwa :

- a. Membesarnya luas penampang basah ini harus sedemikian rupa sehingga membesarnya jari-jari hidrolis - akibat membesarnya luas penampang basah tidak menimbulkan peningkatan gaya seret dan atau kecepatan geser aliran yang melampaui gaya seret kritis dan - kecepatan geser kritis, untuk menghindari terjadinya erosi alur saluran Parit Raya.

Hal ini ditunjukkan dengan :

$$R = f(A) = \frac{A}{P}$$

$$\tau = f(R) = \rho_w \cdot g \cdot I \cdot R \leq \tau_{cr}$$

$$U^* = f(R) = \sqrt{g \cdot I \cdot R} \leq U^*_{cr}$$

dimana :

$\tau$  = gaya seret aliran dalam saluran ( $N/m^2$ )

$\tau_{cr}$  = gaya seret kritis ( $N/m^2$ )

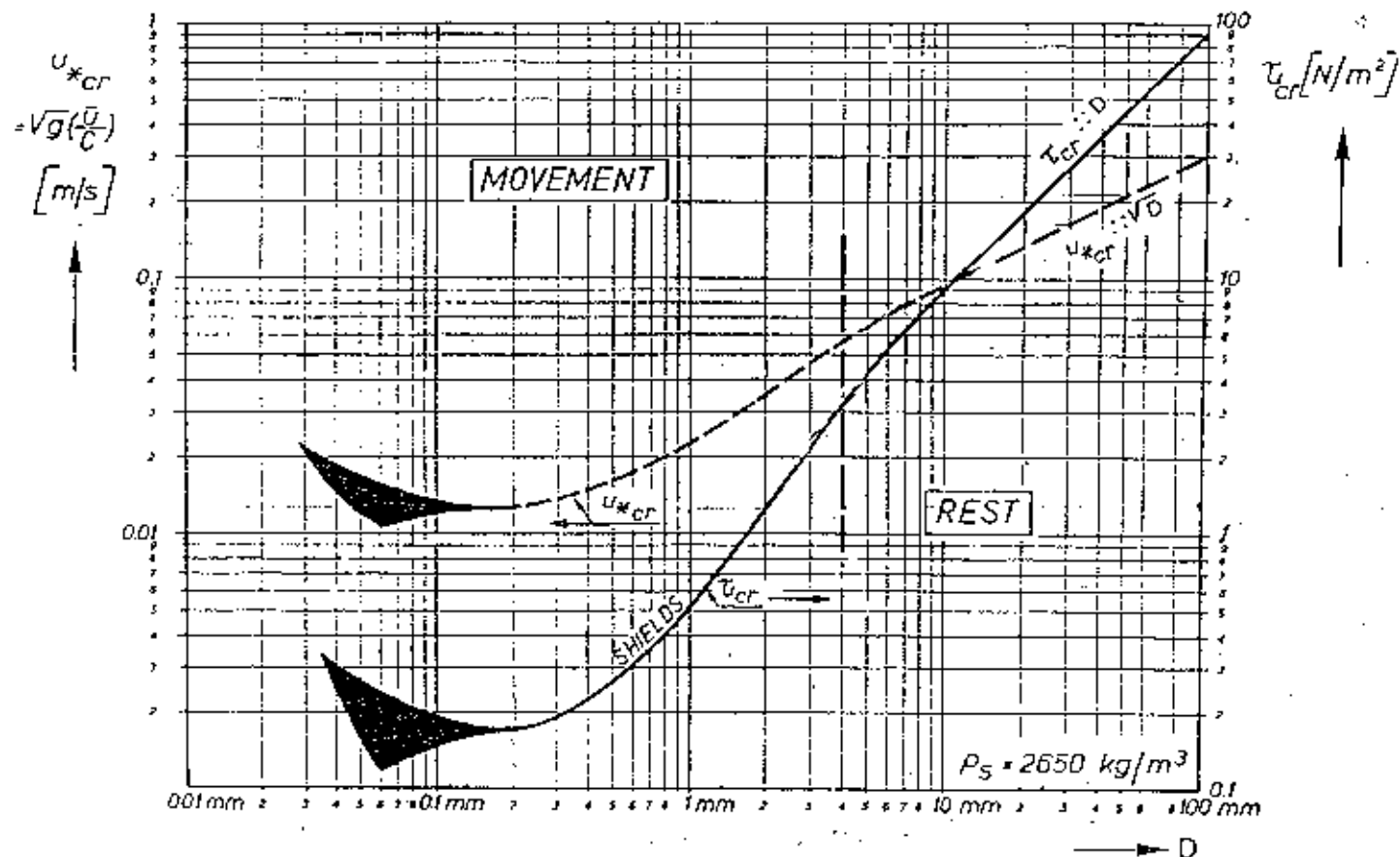
$U^*$  = kecepatan geser (m/det)

$U^*_{cr}$  = kecepatan geser kritis (m/det)

- b. Menurut Shield, gaya seret dan atau kecepatan geser - kritis, masing-masing merupakan fungsi dari ukuran diameter dan atau akar ukuran diameter material permukaan alur saluran.

Hal ini ditunjukkan dalam bentuk curve Shield (1936) - setelah mengadakan pengamatan terhadap permulaan gerak butiran pasir dengan massa jenis  $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$  Viscositas kinematis  $\nu = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det}$  dan pada temperatur  $20^\circ \text{ C}$  didalam aliran air pada suatu saluran buatan (Gambar 5.2)

Dambar 3.2, Grafik hubungan gaya geser kritis dan kecepatan geser kritis sebagai fungsi dari ukuran butiran, untuk  $s = 2650 \text{ kg/m}^3$  (pasir) Shield, 1936.



CRITICAL SHEAR STRESS AND CRITICAL SHEAR VELOCITY  
AS FUNCTION OF GRAIN SIZE FOR  $p_s = 2650 \text{ kg/m}^3$  (SAND)



$$v_u < v_d \quad \text{maka} \quad k = 1,0$$

$$\begin{aligned} h_f &= F + k \left( \alpha_u \frac{v_u^2}{2g} - \alpha_d \frac{v_d^2}{2g} \right) \\ &= 2,6 + 1,0 \left\{ 1,1 \frac{(2,707)^2}{2 \cdot 9,8} - 1,1 \frac{(4,002)^2}{2 \cdot 9,8} \right\} \\ &= 2,157 \text{ m} \end{aligned}$$

$$I_f = \frac{h_f}{L} = \frac{2,157}{900} = 0,002397$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } Q &= K \sqrt{I_f} \\ &= 18084,696 \sqrt{0,002397} \\ &= 885,411 \text{ m}^3/\text{det} \\ &\quad \text{Tidak sama dengan perkiraan} \end{aligned}$$

Perkiraan V :

$$\begin{aligned} Q &= 885,411 \text{ m}^3/\text{det} \\ v_u &= \frac{Q}{A_u} = \frac{885,411}{327,563} = 2,703 \text{ m/det} \\ v_d &= \frac{Q}{A_d} = \frac{885,411}{221,608} = 3,995 \text{ m/det} \\ v_u &< v_d \quad \text{maka} \quad k = 1,0 \\ h_f &= F + k \left( \alpha_u \frac{v_u^2}{2g} - \alpha_d \frac{v_d^2}{2g} \right) \\ &= 2,6 + 1,0 \left\{ 1,1 \frac{(2,703)^2}{2 \cdot 9,8} - 1,1 \frac{(3,995)^2}{2 \cdot 9,8} \right\} \\ &= 2,157 \text{ m} \\ I_f &= \frac{h_f}{L} = \frac{2,157}{900} = 0,002397 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } Q &= K \sqrt{I_f} \\ &= 18084,696 \sqrt{0,002397} \\ &= 885,411 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Sesuai dengan perkiraan.

Jadi kapasitas aliran pada bagian  $S_4$  hingga  $S_5$  adalah  $885,411 \text{ m}^3/\text{det}$ .

Tabel 5.5. Kontrol Kapasitas Aliran Parit Raya Terhadap Debit Banjir Rencana 10 tahun ( $Q_{10}$ )

Pos	A ( $m^2$ )	$\frac{A}{O}$	$\alpha$	Kd	Ku	K	Q ( $m^3/dt$ )	$\frac{Q}{A}$	$\frac{V_d^2}{4 \cdot 25}$	$\frac{V_d^2}{25}$	h <sub>r</sub>	L	$I_f$	Q ( $m^3/dt$ )	$\frac{Q_{10}}{Q}$ ( $m^3/dt$ )	Ket.
S1	599,289	81,269	7,374	56760,351	-	48227,207	1361,511	0,2897	0,4526	1,0245	1175	$8,719 \cdot 10^{-4}$	1424,828	1779,871	2163,823	*
S2	476,289	74,603	6,384	-	40976	38303,829	1075,717	0,94	0,1808	0,554	1,1266	$9,528 \cdot 10^{-4}$	1179,871	1779,871	2163,823	*
S2	343,273	66,713	5,146	-	25575	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
S2	476,273	74,603	6,284	40976	-	2735,3346	562,575	0,0783	0,1959	0,6188	1325	$4,67 \cdot 10^{-4}$	591,123	549,856	2105,804	*
S2	343,273	66,713	5,146	25579	-	2151,619	444,485	0,0941	0,1223	0,5741	-	$4,333 \cdot 10^{-4}$	549,856	549,856	2105,804	*
S3	301,146	64,031	4,703	-	15259,201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
S3	301,146	64,031	4,703	18259,201	-	15663,983	406,661	1,18	0,1023	0,189	1,2234	1750	$6,991 \cdot 10^{-4}$	416,15	1963,142	*
S4	221,608	58,666	3,777	-	13437,629	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
S4	221,608	58,666	3,777	13437,629	-	18084,696	972,033	3,60	0,1	0,895	2,157	900	$2,397 \cdot 10^{-3}$	385,411	1787,603	*
S5	327,563	63,929	5,124	-	24338,835	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
S5	327,563	63,929	5,124	24338,835	-	19189,875	443,033	0,32	0,1029	0,2026	0,370	600	$6,166 \cdot 10^{-4}$	476,506	1782,616	*
S6	253,157	55,748	4,182	-	15130,194	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
S6	253,157	55,748	4,182	15130,194	-	16615,517	332,310	0,6	0,114	0,2198	0,6529	1500	$4,293 \cdot 10^{-4}$	346,650	1776,324	*
S7	167,931	44,043	3,813	-	18246,654	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
S7	167,931	44,043	3,813	18246,654	-	13080,291	369,966	1,0	0,2724	0,3006	1,0141	1250	$8,113 \cdot 10^{-4}$	372,566	1736,422	*
S8	159,855	44,481	3,594	-	9376,734	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
S8	159,855	44,481	3,594	9376,734	-	9625,295	261,463	1,2	0,1501	0,1375	1,874	1650	$7,156 \cdot 10^{-4}$	260,086	1721,456	*
S9	167,029	44,904	3,797	-	10024,6796	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
S9	167,029	44,904	3,797	10024,6796	-	10839,315	284,104	1,1	0,1624	0,1256	1,0632	1600	$6,515 \cdot 10^{-4}$	279,312	1618,765	*
S10	189,918	49,929	3,874	-	11711,501	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
S10	189,918	49,929	3,874	11711,501	-	12051,913	451,315	1,68	0,369	0,2086	1,6719	1200	$1,393 \cdot 10^{-3}$	450,226	1575,603	*
S11	192,388	46,345	4,151	-	12422,809	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
S11	192,388	46,345	4,151	12422,809	-	10834,548	287,621	1,12	0,0928	0,1139	1,1379	2550	$4,462 \cdot 10^{-4}$	239,289	1245,535	*
S12	159,855	44,481	3,646	-	9484,265	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
S12	159,855	44,481	3,646	9484,265	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*

\* Pada  $Q_{10}$ , Saluran Parit Raya tidak dapat menampung banjir.

## B A B - VI

### K E S I M P U L A N

Setelah dilakukan pembahasan dan perhitungan dalam rangka study mengenai angkutan sedimen di Parit-Raya Tulungagung, maka secara garis besar dapat disimpulkan bahwa kondisi dari Parit-Raya saat ini tidak dapat berfungsi se bagaimana yang diharapkan sebagai saluran pematusan ban - jir untuk daerah Trenggalek dan Tulungagung sebelah barat daya dengan kapasitas bervariasi dari  $200 \text{ m}^3/\text{det}$  sampai dengan  $840 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Dan bila tidak segera dilakukan perbaikan, akan memberikan dampak negatif terhadap jaringan-pematusan Tulungagung secara keseluruhan.

Secara keseluruhan, faktor-faktor yang mendukung kesimpulan diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pembahasan dan perhitungan mengenai angkutan sedimen - pada alur Parit-Raya menunjukkan bahwa angkutan sedi - men yang terjadi pada alur Parit-Raya adalah sebesar -  $692391,906 \text{ ton/tahun}$ , yang terdiri dari angkutan bed - load sebesar  $32520,717 \text{ ton/tahun}$  dan angkutan suspen - ded load sebesar  $659871,189 \text{ ton/tahun}$ .
2. Dari pembahasan dan perhitungan mengenai kondisi aliran di Parit-Raya dapat dilihat bahwa debit aliran rata rata dari daerah tangkapannya selama musim hujan sebesar  $40,822 \text{ m}^3/\text{det}$ . maupun musim kemarau sebesar  $18,983 \text{ m}^3/\text{detik}$  tidak dapat dialirkan dengan baik ke Parit - Agung. Hal ini disebabkan oleh terjadinya back water -

dari muara pertemuan Parit Raya dengan Parit Agung, yang kemudian dapat menimbulkan luapan air ke daerah sekitarnya.

Luapan pada musim hujan diperkirakan terjadi kurang lebih sepanjang 5,75 km di sebelah hulu dari muara-pertemuan Parit Raya dengan Parit Agung.

3. Sehubungan dengan angkutan sedimen pada alur Parit-Raya, maka kondisi aliran Parit Raya tersebut di atas, menimbulkan kecenderungan terjadinya sedimentasi pada bagian disekitar muara pertemuan Parit Raya dan Parit Agung.

Disamping itu terjadinya back water yang terus menerus dapat mengakibatkan sedimentasi akan bergerak ke arah hulu.

Selanjutnya dasar saluran Parit Raya pada bagian di sebelah hulu dari muara pertemuan Parit Raya dengan Parit Agung secara terus menerus cenderung mengalami aggradasi sedemikian rupa sehingga kemiringan dasarnya mendekati kondisi mendatar.

4. Kondisi kecepatan aliran yang terlalu kecil serta profil aliran yang relatif mendatar, pada bagian disekitar muara pertemuan Parit Raya dengan Parit Agung, hingga ke Parit Agung bagian hilir, yang mendekati bentuk muka air genangan waduk, memungkinkan terjadinya sedimentasi yang terdiri dari bed load dan suspended load, yakni :

- Pada Parit Raya diperkirakan terjadi sedimentasi sebesar  $14.633,943 \text{ m}^3/\text{tahun}$  dengan trap efisiensi sebesar 3,12 %.
- Pada Parit Agung disebelah hilir dari pertemuannya dengan Parit Raya diperkirakan terjadi sedimentasi sebesar  $154.832,1353 \text{ m}^3/\text{tahun}$  dengan trap efisiensi sebesar 27 %.

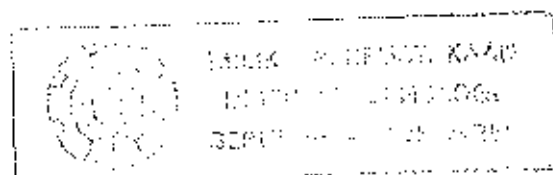
Oleh karena itu usaha penanggulangan terhadap sedimentasi diatas harus dilaksanakan secara rutin, setidaknya setahun sekali sesuai dengan endapan yang diperkirakan, agar tidak menimbulkan dampak semakin berkurangnya kapasitas tampungan kedua parit tersebut.

5. Bahwa tingkat laju kehilangan tanah akibat erosi di DAS Parit Raya sebesar 0,088 mm/tahun merupakan sumber yang potensial terjadinya angkutan sedimen pada alur Parit Raya.

Disamping itu tingkat laju erosi sebesar 0,088 mm/tahun dibawah kondisi alami dalam jangka waktu 300 tahun diperkirakan menyebabkan kehilangan tanah setebal 26,4 milimeter.

Kehilangan tanah ini melebihi soil loss tolerance yang ditetapkan oleh Bennet (1936) dan Hudson (1976) setebal 25 mm dibawah kondisi alami dalam jangka waktu yang sama.

Hal ini memerlukan penanggulangan sedini mungkin dengan tindakan konservasi tanah agar laju tingkat kehilangan



langan tanah ini tidak menjadi lebih besar dan menimbulkan kerusakan DAS yang lebih berat pula.

Penanggulangan secepatnya terutama ditujukan pada zone DAS Karangtuwo dan Keboireng yang mempunyai laju kehilangan tanah relatif besar dibandingkan dengan daerah yang lain.

6. Dengan menggunakan debit banjir rencana 10 tahun ( $Q_{10}$ ) sebagai debit kontrol, maka dengan metode kemiringan-luas ternyata bahwa Parit Raya tidak mampu menampung-banjir di sepanjang alur tampungannya.

Hal ini menunjukkan bahwa tanpa dipengaruhi oleh terjadinya aggradasi dasar saluran akibat sedimentasi, maka sepanjang alur Parit Raya tetap berpotensi untuk meluapkan banjir ke daerah sekitarnya, khususnya dalam jangka waktu 10 tahun sekali.

Demikian pembahasan tentang Parit Raya Tulungagung.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anggrahini, Ir. MSc, Hidrolika, Jurusan Teknik Sipil FTSP, ITS, Surabaya, Agustus, 1983.
2. Soejadi, Bambang, Ir. Dip.H , " Diktat Kuliah Sedi - ment Transport ", Jurusan Teknik Sipil FTSP - ITS, Surabaya, 1980.
3. Sofia, F, Ir, " Diktat Kuliah Sungai ", Jurusan Teknik Sipil, FTSP, ITS, Surabaya, 1987.
4. Sofia, F, Ir, " Diktat Kuliah Pelestarian Air dan - Reklamasi ", Jurusan Teknik Sipil FTSP, ITS , Surabaya, 1987.
5. Sholeh, Mohamad, Ir, "Diktat Hidrologi", Jurusan Teknik Sipil FTSP, ITS.
6. Shalin, MMA, "Statistical in Hydrology", Vol. 2, Edi - tion, 1976, Delf, Nederland.
7. Joesron Loebis, Ir, M Eng, "Banjir Rencana Untuk Ba - ngunan Air", DPMA, Dirjen Pengairan DPU, Ban - dung, Maret, 1984.
8. Suyono S, Dr. Ir, Tominago, Masateru, Dr, "Perbaikan - dan Pengaturan Sungai", Pradnya Paramita, Ja - karta, 1985.
9. Chow, Ven T, Ph D, "Open Channel Hydraulics", Suyatman, Ir, Sugiharto, Kristanto VFX, Ir, Rosalina , Nensi EV, Ir, Alih Bahasa, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1985.
10. Bureu of Reclamation, "Design of Small Dams", 2 nd Edi - tion, Oxford and IBH Publishing Co., 1974
11. Linsley, Ray K, Jr, Kohler, Max A, Paulhus, Joseph - L H, "Hydrology for Engineers , Edisi Ketiga , Mc Graw - Hill, Inc, 1982, Alih Bahasa, Yandi Hermawan, Ir, Penerbit Erlangga, 1984.

12. Linsley, Ray K, Franzini, Joseph B, "Water Resources-Engineering", 3 rd Edition, Djoko Sasongko, Ir M Sc, Alih bahasa, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1985.
13. Weichmeier, WH and D D Smith, Predicting Rainfall - Erosion Losses East of Rocky Mountains, "Agriculture Hand Book 283 ", U.S Departement of - Agriculture, 1965.
14. Soemarto, CD, Ir. BIE. Dip H., " Hidrologi Teknik "; Penerbit Usaha Nasional, Jakarta, 1987.
15. Sri Harto Br, Ir, Dip. H, " Mengenal Hidrologi Terapan, " BPP. KMTS. UGM, Yogyakarta.